



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

PROCESY TRÍSKOVÉHO OBRÁBĚNÍ V PODMÍNKÁCH MALÝCH STROJÍRENSKÝCH FIREM

CUTTING OPERATION IN CONDITION A SMALL FIRM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

PAVEL HEJTMÁNEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MILAN KALIVODA

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2012/13

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Pavel Hejtmánek

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Procesy třískového obrábění v podmínkách malých strojírenských firem

v anglickém jazyce:

Cutting operation in condition a small firm

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Představení standardních obráběcích metod. Rozbor technologických situací ve strojírenských firmách menšího rozsahu. Zhodnocení ze všeobecného pohledu.

Cíle bakalářské práce:

Přehled technologií obrábění. Znalost zázemí menších firem v návaznosti na podmínky posuzování. Doložení konkrétní situace.

Seznam odborné literatury:


1. CIHLÁŘOVÁ, Petra, Michael Lars George HILL and Miroslav PÍŠKA. Fundamentals of CNC Machining. [online]. Dostupné na World Wide Web: <<http://cnc.fme.vutbr.cz>>.
2. KOCMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. Technologie obrábění. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
3. ŠTULPA, Miloslav. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
4. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. Miroslav Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia s.r.o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.
5. HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
6. KOCMAN, Karel. Speciální technologie obrábění. 3. vyd. Brno: VUT v Brně, Akademické nakladatelství CERM, 2004. 230 s. ISBN 80-214-2562-8.
7. FREMUNT, Přemysl a Tomáš PODRÁBSKÝ. Konstrukční oceli. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 1996. 262 s. ISBN 80-85867-95-8.
8. FREMUNT, Přemysl, Jiří KREJČÍK a Tomáš PODRÁBSKÝ. Nástrojové oceli. 1. vyd. Brno: Dům techniky Brno, 1994. 234 s.

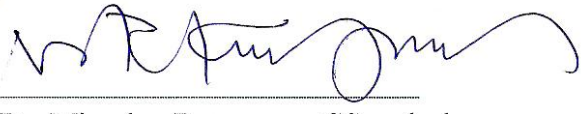
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/13.

V Brně, dne 22.11.2012




prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu


prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan

ABSTRAKT

Tato práce se věnuje standardním obráběcím metodám (soustružení, frézování, vrtání). Cílem je znát zázemí menších firem a uvést konkrétní technologickou situaci v návaznosti na podmínkách posuzování. První část práce je zaměřena na technologii soustružení, kde je uvedeno mimo jiné rozdělení a použití obráběcích strojů a nástrojů. Druhá a třetí část se zabývají technologiemi frézování a vrtání, které mají obdobný obsahový charakter jako oblast o soustružení. V poslední fázi práce se řeší technologická situace ve firmě Kratochvíl Ladislav Kovoobráběčství a je provedeno zhodnocení této situace z několika pohledů.

Klíčová slova

soustružení, frézování, vrtání, stroj, nástroj

ABSTRACT

This work is focused on standard methods of machining (turning, milling, drilling). The aim is to know the background of smaller companies and give a specific technological situation in relation to the terms of the assessment. The first part focuses on the technology of turning; it describes the distribution and usages of machine tools. The second and the third parts deal with the milling and drilling technologies that have similar content character as the area of turning. The final part of work solves technological situation in the company Kratochvíl Ladislav Kovoobráběčství and the situation is examined from several perspectives.

Keywords

turning, milling, drilling, machine, tool

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HEJTMÁNEK, P. *Procesy třískového obrábění v podmínkách malých strojírenských firem*. Brno 2013. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 67 s., 11 příloh. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Procesy třískového obrábění v podmínkách malých strojírenských firem** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v přehledu literatury.

3. 5. 2013

Datum

Pavel Hejtmánek

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych rád poděkoval Ing. Milanu Kalivodovi z VUT v Brně, Fakulty strojního inženýrství, za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

Dále velké díky patří panu Ladislavu Kratochvílovi, majitelovi firmy Kratochvíl Ladislav Kovoobráběčství, za poskytnutí veškerých informací, za vstřícnost a ochotu k mé osobě.

A v neposlední řadě bych rád poděkoval svým rodičům, bez kterých by se mé studium na vysoké škole nikdy neuskutečnilo.

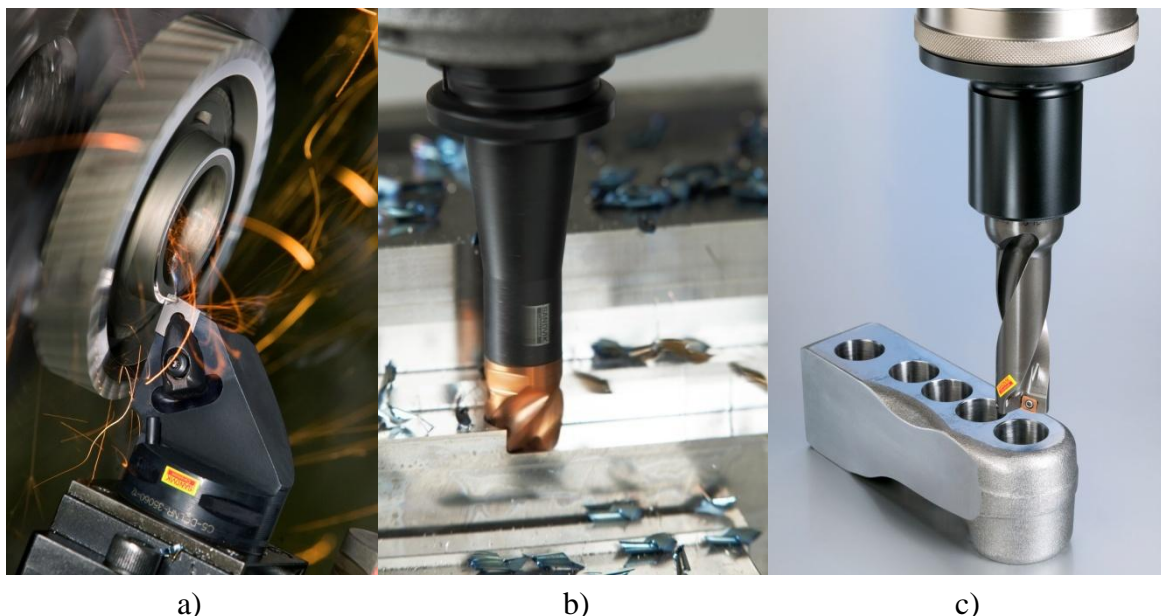
OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH	7
ÚVOD	9
1 SOUSTRUŽENÍ	10
1.1 Obecná charakteristika soustružení	10
1.2 Nástroje pro soustružení	11
1.2.1 Radiální nože	11
1.2.2 Prizmatické, kotoučové a tangenciální nože	13
1.3 Stroje pro soustružení	14
1.3.1 Hrotové soustruhy	14
1.3.2 Svislé soustruhy	15
1.3.3 Čelní soustruhy	15
1.3.4 Revolverové soustruhy	16
1.3.5 Poloautomatické soustruhy	16
1.3.6 Automatické soustruhy	16
2 FRÉZOVÁNÍ.....	17
2.1 Obecná charakteristika frézování.....	17
2.2 Druhy frézování	17
2.2.1 Válcové frézování	17
2.2.2 Čelní frézování.....	18
2.2.3 Okružní frézování	19
2.2.4 Planetové frézování.....	19
2.3 Nástroje pro frézování	20
2.4 Stroje pro frézování	23
2.4.1 Konzolové frézky	23
2.4.2 Stolové frézky	24
2.4.3 Rovinné frézky	25
2.4.4 Speciální frézky	25
3 VRTÁNÍ	26
3.1 Obecná charakteristika vrtání	26
3.2 Druhy vrtání	26
3.3 Nástroje pro vrtání	27

3.3.1	Středicí vrtáky	27
3.3.2	Šroubovité vrtáky	28
3.3.3	Kopinaté vrtáky	29
3.3.4	Vrtáky s vyměnitelnou špičkou	29
3.3.5	Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami	30
3.3.6	Dělové a hlavňové vrtáky	30
3.3.7	Ejektorové vrtáky	31
3.3.8	BTA a STS vrtáky	31
3.3.9	Vrtáky do plechu	32
3.3.10	Odstupňované vrtáky	32
3.3.11	Speciální sdružené nástroje	32
3.4	Stroje pro vrtání	33
3.4.1	Stolní vrtačky	33
3.4.2	Sloupové vrtačky	33
3.4.3	Stojanové vrtačky	34
3.4.4	Otočné vrtačky	34
3.4.5	Montážní vrtačky	34
3.4.6	Speciální vrtačky	34
4	KRATOCHVÍL LADISLAV KOVOOBRÁBĚČSTVÍ	35
4.1	Základní údaje o firmě	35
4.2	Zázemí firmy	36
4.2.1	Strojové vybavení firmy	36
4.2.2	Nástrojové vybavení firmy	37
4.3	Technologická situace	38
4.3.1	Zhodnocení technologické situace	43
5	DISKUZE	45
5.1	Moje vize o budoucnosti firmy	45
	ZÁVĚR	46
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	47
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	53
	SEZNAM PŘÍLOH	55

ÚVOD

Předmětem předkládané bakalářské práce je nahlédnout do nitra malých strojírenských firem, znát jejich zázemí, co se týče strojů a nástrojů pro třískové obrábění (soustružení, frézování, vrtání - obr. 1.1) a zároveň provést zhodnocení ze všeobecného hlediska.



Obr. 1.1 Základní procesy třískového obrábění: a) soustružení, b) frézování, c) vrtání [16]

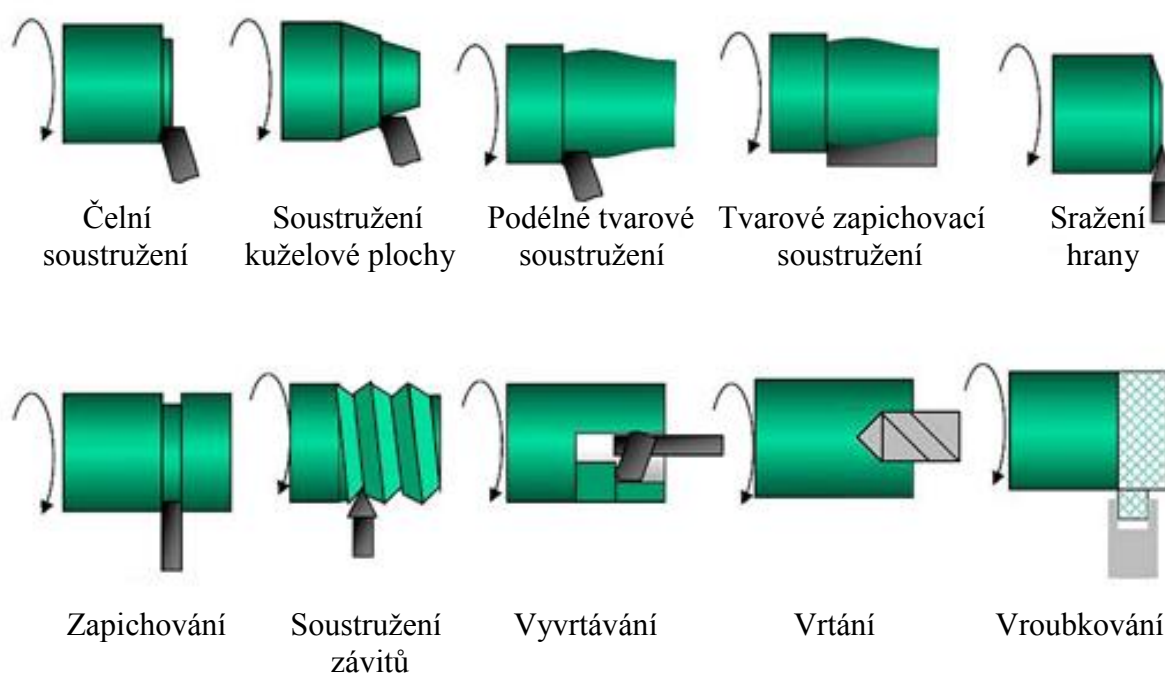
V současné době téměř každá strojírenská firma využívá těchto technologií, ať už více či méně. Vyspělé firmy používají především CNC obráběcí centra, která umožňují rychlou a velmi přesnou výrobu součástí. Za tyto vlastnosti si CNC stroje bohužel vybírají daň a to v podobě vysoké pořizovací ceny, kterou si menší firmy nemohou dovolit a proto dodnes využívají starších strojů.

V jedné z těchto menších firem jsem měl možnost strávit několik pracovních dní v rámci praxe během studia na střední škole, kde jsem mohl nahlédnout i mimo jiné do problematiky třískového obrábění. Tato praxe byla v mém, zatím tak krátkém, životě tou nejprínosnější zkušeností a právě toto mě motivovalo pro sepsání mé bakalářské práce na téma *Procesy třískového obrábění v podmínkách malých strojírenských firem*.

1 SOUSTRUŽENÍ

1.1 Obecná charakteristika soustružení

Soustružení je obráběcí metoda, která se používá pro zhotovení součástí rotačních tvarů, většinou jednobřitým nástrojem (nožem) různého provedení. Z několika hledisek představuje soustružení nejjednodušší a také nejužívanější způsob obrábění ve strojírenské praxi. Soustružením lze obrábět vnější a vnitřní válcové, kuželové i tvarové plochy, rovinné čelní plochy a zápichy (obr. 1.2). Na soustruzích lze dále vrtat, vyvrtávat, vystružovat, řezat závity, vroubkovat, válečkovat, hladit, leštit, vyrábět hřbetní plochy tvarových fréz podsoustružováním [1].



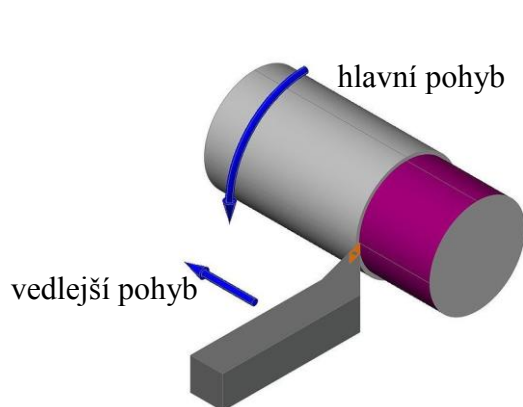
Obr. 1.2 Základní práce na soustruhu [1]

Soustružení lze rozdělit do několika kategorií podle toho, jaké kvality povrchu daným způsobem obrábění chceme dosáhnout (tab. 1.1). Při hrubování požadujeme co největší objem odebraného materiálu za jednotku času, při obrábění na čisto a jemném obrábění požadujeme zejména dodržení předepsaných parametrů obráběné plochy [4].

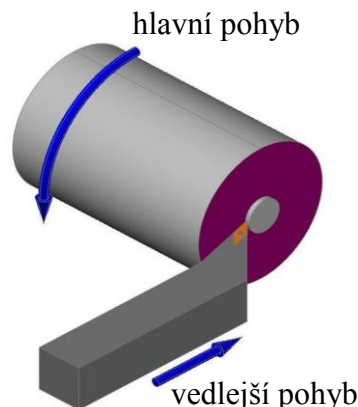
Tab. 1.1 Jednotlivé kategorie soustružení dosahují různých kvalit povrchů a přesností [4]

Způsob obrábění	Průměrná aritmetická úchylka profilu Ra [μm]	Přesnost rozměrů IT
Hrubování	> 6,3	≥ 12
Obrábění na čisto	1,6 - 6,3	9 - 11
Jemné obrábění	0,2 - 1,6	5 - 8
Speciální dokončovací obrábění	< 0,2	< 5

Hlavní pohyb při soustružení je rotační a koná ho obrobek, posuvový pohyb je přímočarý a koná ho nástroj. Posuvový pohyb je buď ve směru posuvu rovnoběžně s osou obrobku (podélné soustružení - obr. 1.3), nebo ve směru kolmém k ose obrobku (čelní soustružení - obr. 1.4). Možné jsou i kombinace obou pohybů, kdy se nástroj pohybuje oběma uvedenými směry. Tento proces se nazývá jako kopírovací soustružení (založené na používání šablon), kterým lze docílit kuželových nebo zakřivených ploch. Kopírovací soustružení bylo postupně vytlačováno CNC řízenými stroji [1], [2].



Obr. 1.3 Podélné soustružení [3]



Obr. 1.4 Čelní soustružení [3]

1.2 Nástroje pro soustružení

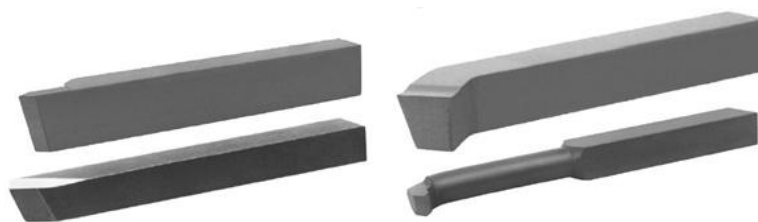
Nástroje pro soustružení se nazývají soustružnické nože a z technologického hlediska se rozlišují na radiální, prizmatické, kotoučové a tangenciální [5].

1.2.1 Radiální nože

Radiální nože jsou nejpoužívanější skupinou soustružnických nožů. Třídí se podle konstrukce, směru posuvového pohybu, způsobu obrábění a tvaru tělesa nože [5].

V závislosti na konstrukci jsou radiální nože:

- **celistvé** - těleso i řezná část nože je z nástrojového materiálu (obr. 1.5),
- **s pájenými břitovými destičkami** - břitová destička z řezného materiálu je pájena tvrdou pájkou na těleso nože z konstrukční oceli (obr. 1.6),
- **s vyměnitelnými břitovými destičkami** - břitová destička z řezného materiálu je mechanicky upnuta v nožovém držáku (obr. 1.7).



Obr. 1.5 Nože celistvé [7]



Obr. 1.6 Nože s pájenými břitovými destičkami [28], [29], [30], [31], [32], [33]



Obr. 1.7 Nože s vyměnitelnými břitovými destičkami [6], [34]

Podle směru posuvového pohybu se rozlišují radiální nože (obr. 1.8):

- **pravé** (směr posuvu od koníku ke vřetenu),
- **levé** (směr posuvu od vřetene ke koníku).



Obr. 1.8 Zleva: nůž pravý a levý [6]

Podle způsobu obrábění jsou radiální nože pro:

- **obrábění vnějších ploch,**
- **pro obrábění vnitřních ploch.**

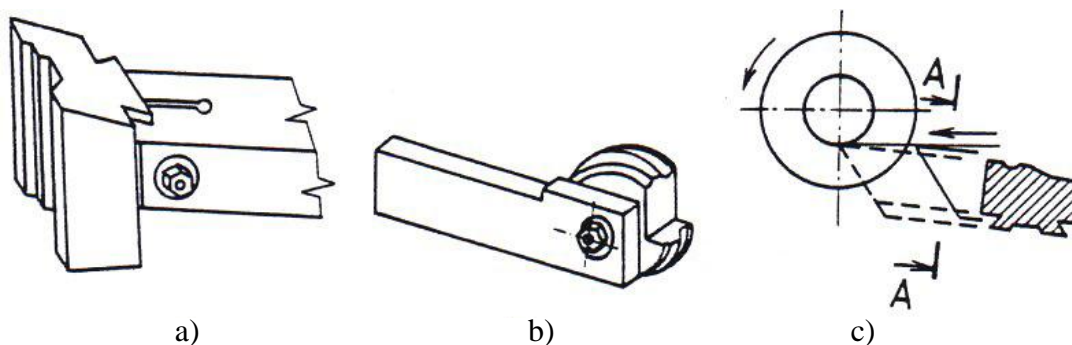
V každé této skupině se dále nože mohou členit na uběrací, zapichovací, upichovací, kopírovací, závitové a tvarové.

Podle tvaru tělesa nože existují radiální nože:

- **přímé,**
- **ohnuté.**

1.2.2 Prizmatické, kotoučové a tangenciální nože

Tyto nože se využívají jako nože tvarové (obr. 1.9). Konstrukční řešení těchto nožů umožňuje relativně vysoký počet přestřžení, aniž by došlo ke změně soustruženého tvaru. Prizmatické a kotoučové nože se posouvají do záběru radiálně vzhledem k obrobku, tangenciální nože tangenciálně [5].



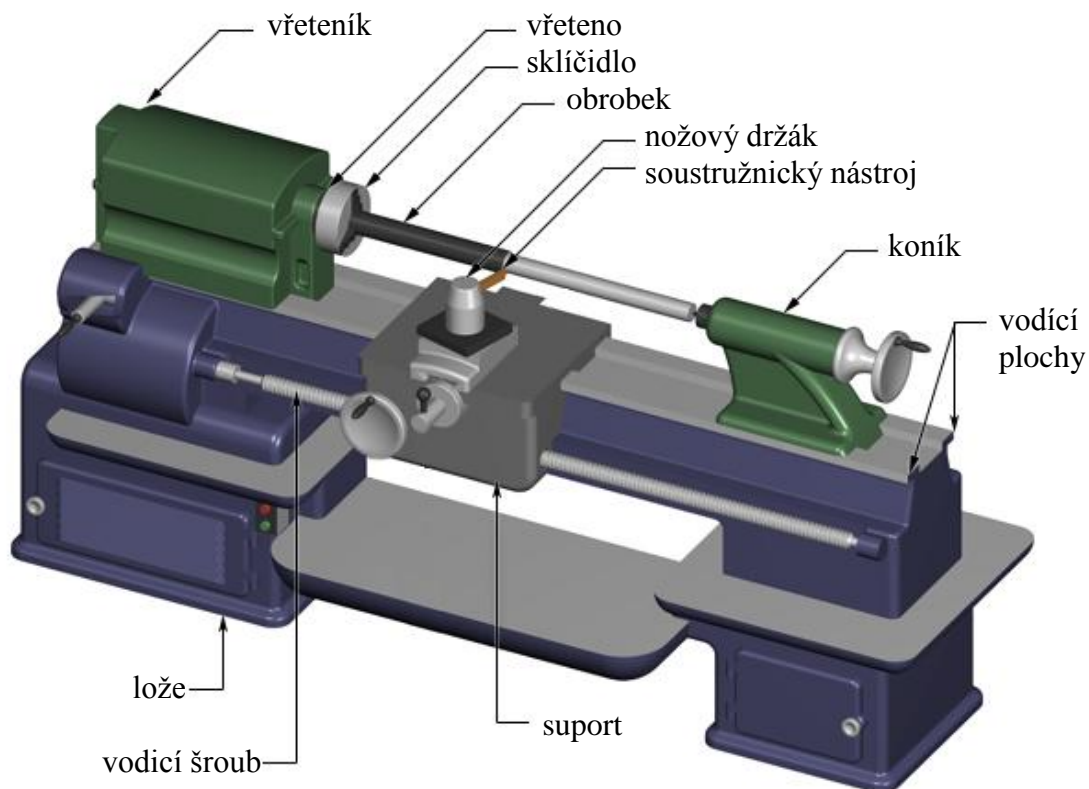
Obr. 1.9 Tvarové soustružnické nože
a - prizmatické; b - kotoučové; c - tangenciální [5]

1.3 Stroje pro soustružení

Soustružnické stroje se nazývají soustruhy, vyskytují se v provozech strojírenských podniků ve velkém počtu typů a vykazují různý stupeň automatizace. Z konstrukčně technologického hlediska se rozlišují soustruhy **hrotové, svislé, čelní, revolverové a speciální**. Podle stupně automatizace lze soustruhy dělit na **ručně ovládané, poloautomatické a automatické** [1].

1.3.1 Hrotové soustruhy

Hrotové soustruhy se využívají v kusové a malosériové výrobě, pro soustružení hřídelových a přírubových součástí. Vyrábějí se jako soustruhy univerzální a jednoduché (produkční). Univerzální hrotové soustruhy (obr. 1.10) mají vodící šroub a lze na nich obrábět vnější a vnitřní rotační plochy, čelní rovinné plochy, zapichovat při podélném i čelním soustružení, řezat závity závitovým nožem, soustružit kuželové plochy, příp. plochy tvarové [1].



Copyright © 2008 CustomPartNet

Obr. 1.10 Části hrotového soustruhu [8]

1.3.2 Svislé soustruhy

Svislé soustruhy (karusely) se využívají v kusové, malosériové a některé typy i v sériové výrobě středních a velkých rotačních součástí malého poměru délky k průměru. Hlavní části těchto strojů jsou otočný stůl, stojany a příčníky se suporty. Tyto soustruhy se vyrábějí ve dvou variantách, jedno stojanové (malé, do průměru stolu 1200 mm - obr. 1.11) a dvou stojanové (velké, do průměru stolu 18000 mm - obr. 1.12). Jedno stojanové soustruhy mají na příčníku pohybujícím se po stojanu obvykle suport s pětibokou revolverovou hlavou, druhý suport je pak přímo na stojanu. Dvou stojanové svislé soustruhy mají příčník pohybující se po dvou stojanech, na příčníku jsou většinou dva suporty a další suport je na jednom nebo obou stojanech [1].



Obr. 1.11 Jedno stojanový svislý soustruh [36]



Obr. 1.12 Dvou stojanový svislý soustruh [35]

1.3.3 Čelní soustruhy

Čelní soustruhy (obr. 1.13) se používají pro obrábění deskovitých součástí velkých průměrů. Tyto soustruhy jsou vybaveny jedním nebo dvěma podélnými suporty a v některých případech mají i koník pro podepření obrobku [1].



Obr. 1.13 Čelní soustruh [38]

1.3.4 Revolverové soustruhy

Revolverové soustruhy (obr. 1.14) jsou určeny hlavně pro výrobu součástí v menších a středních sériích, které vyžadují k obrobení větší počet nástrojů. U těchto soustruhů se obrobky obrábějí na jedno upnutí, postupně několika nástroji revolverové hlavy (nástroje se upínají v držácích pro jeden nebo více nástrojů, do upínacích děr revolverové hlavy) a nástroji, upnutými na suportu. Předností revolverových soustruhů, při porovnání s hrotovými soustruhy, je rychlé a přesné nastavení nástroje vzhledem k upnutému obrobku a možnost obrábění několika nástroji současně, i při současné práci revolverové hlavy a příčných suportů [1].



Obr. 1.14 Revolverový soustruh [37]

1.3.5 Poloautomatické soustruhy

Poloautomatické soustruhy se uplatňují ve středně sériové a velkosériové výrobě. Mají automatický pracovní cyklus, ale ruční upínání materiálu. Dělí se na poloautomatické soustruhy hrotové, sklíčidlové a několikavřetenové [9].

- **Hrotové poloautomatické soustruhy:** jsou vhodné jak pro obrábění hřídelových součástí mezi hroty, tak pro obrábění krátkých přírubových součástí upínaných ve sklíčidle. Mají dva až tři suporty, které se mohou pohybovat současně.
- **Sklíčidlové poloautomatické soustruhy:** jsou určeny k obrábění přírubových součástí, upínaných letmo ve sklíčidle. Často jsou vybaveny programovým řízením.
- **Několikavřetenové poloautomatické soustruhy:** slouží k sériové a hromadné výrobě strojních součástí z kusových polotovarů, výkovků, odlitků, výlisků apod. Podle počtu vřeten jsou 4 až 8 vřetenové.

1.3.6 Automatické soustruhy

Charakteristickým znakem automatických soustruhů je samočinné opakování pracovního cyklu po obrobení jedné součásti. Tyto soustruhy se využívají ve velkosériové a hromadné výrobě. Výchozím polotovarem pro obrábění na automatických soustruzích je většinou tyčový materiál, jehož podávání, upínání a samotné obrábění probíhá automaticky. Podle použitého systému automatizace se dělí na soustruhy křivkové, u kterých je pracovní cyklus nástroje řízen křivkovými bubny a vačkami, a bezkřivkové, u nichž je celý pracovní cyklus řízen pomocí nárazek. Podle počtu pracovních vřeten se soustruhy rozdělují na jednovřetenové a několikavřetenové. Jednovřetenové automaty se dále dělí na zapichovací a revolverové [9].

2 FRÉZOVÁNÍ

2.1 Obecná charakteristika frézování

Frézování je operace třískového obrábění, při které je materiál obrobku odebírán vícebřítým nástrojem (fréza), který koná rotační pohyb (hlavní pohyb). Posuv (vedlejší pohyb) nejčastěji koná obrobek, převážně ve směru kolmém k ose nástroje. U moderních frézovacích strojů jsou posuvové pohyby plynule měnitelné a mohou se realizovat ve všech směrech (obráběcí centra, víceosé CNC frézky). Řezný proces je přerušovaný, každý zub frézy odřezává krátké třísky proměnné tloušťky [1], [10].

Touto metodou, použitím různých druhů frézovacích nástrojů, je možné obrábět na obrobci především plochy rovinné, ale také plochy tvarové, šikmé, nepravidelné, rotační, dále drážky a vybrání různých tvarů, závitové drážky na rotačních plochách, různé druhy ozubení na ozubených kolech a hřebenech, rozdělování materiálu na různé délky apod. [10].

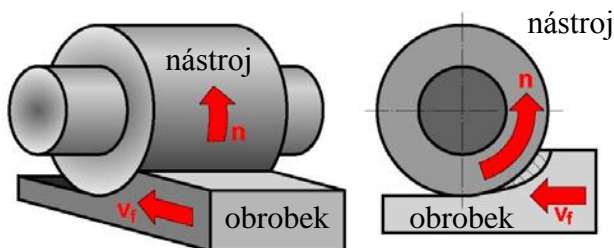
2.2 Druhy frézování

Z technologického hlediska se v závislosti na použitém nástroji rozlišuje frézování válcové (frézování obvodem nástroje) a čelní (frézování čelem nástroje). Od těchto základních způsobů se odvozují některé další způsoby, jako je frézování okružní a planetové [1].

2.2.1 Válcové frézování

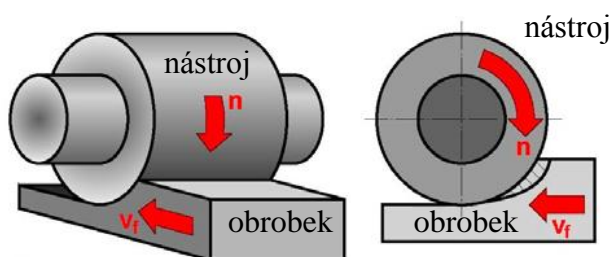
Válcové frézování se používá převážně při práci s válcovými a tvarovými frézami. Zuby nástroje jsou na jeho válcovém obvodu. Obrobená plocha je rovnoběžná s osou otáčení frézy. Způsob vytváření takové plochy a průběh vytváření třísky závisí na smyslu rotace frézy ke směru posuvu obrobku. Podle toho dělíme frézování na dva způsoby [10]:

- **Nesousledné frézování:** fréza se otáčí proti směru posuvu obrobku (obr. 2.1). Vznikající průřez se mění od nuly do konečné maximální hodnoty. Nevýhodou je, že břit zubu frézy na začátku řezu klouže po již obrobené ploše předchozím břitem, což má za následek opotřebení břitu a jeho otupování a tím zhoršuje jakost této obrobené plochy. Řezná síla působí směrem k nástroji a tím nepříznivě ovlivňuje upnutý obrobek - snaží se jej vytrhnout z upínače. Výhodou tohoto způsobu je, že práce frézy je klidná, bez rázů. Je výhodný pro frézování obrobků s tvrdou povrchovou vrstvou (výkovků, odlitků) - břity do tvrdé vrstvy vstupují zespodu a potom ji odlamují, což se projeví v tom, že se břity tak rychle neotupují.



Obr. 2.1 Nesousledné válcové frézování [1]

- Sousledné frézování:** smysl otáčení frézy je shodný s posuvem obrobku (obr. 2.2). Nevýhodou je, že břit vniká do materiálu v největší tloušťce třísky. Tloušťka třísky se při řezání zmenšuje a odděluje se od materiálu v nejslabším místě, kdy břit vychází ze záběru. Tento způsob frézování můžeme použít jen na stroji, který má ve stole vymezenou vůli mezi maticí a pohybovým šroubem, aby při záběru frézy nedošlo vlivem vůle ke vtahování obrobku pod frézu, což by mělo za následek poškození břitu frézy. Proto není vhodný pro frézování materiálů s nečistým povrchem a s tvrdou povrchovou vrstvou. Výhodou je, že řezná síla tlačí obrobek do upínače, což dovoluje práci při vyšší řezné rychlosti a hloubce řezu. Břity frézy se s již obrobenou plochou nestýkají, nedochází k jejich zahřívání a otupování, obrobená plocha je kvalitnější. Je vhodné pro obrábění houževnatých a měkkých materiálů. Používá se u frézek CNC, protože pohybové šrouby jsou vyrobeny bez vůle.

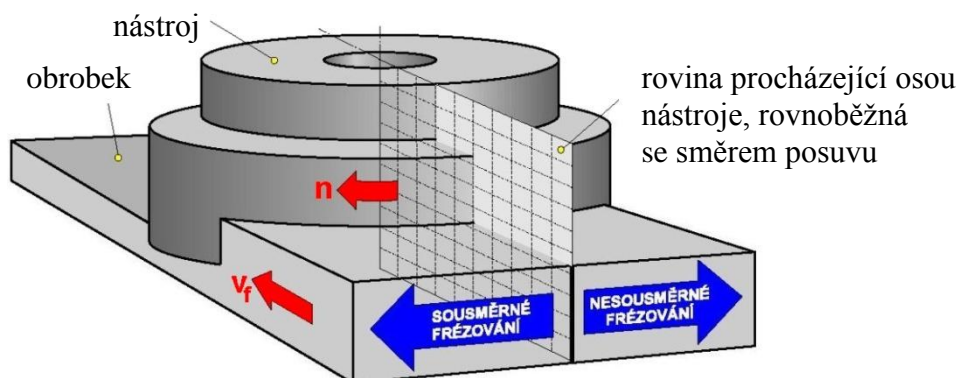


Obr. 2.2 Sousledné válcové frézování [1]

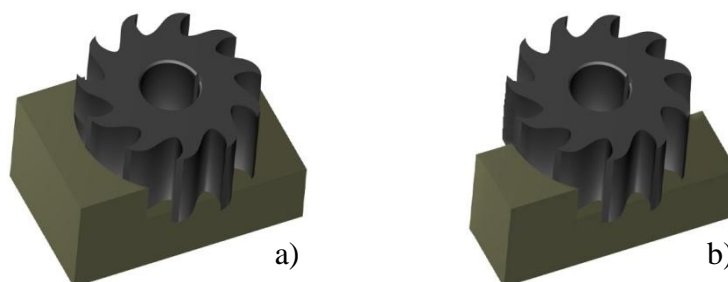
2.2.2 Čelní frézování

Čelní frézování se uplatňuje při práci s čelními frézami, které mají břity vytvořeny na obvodě i čele nástroje. Obrobená plocha je kolmá k ose otáčení nástroje. Tloušťka třísky se postupně od vstupu břitu frézy ke středu odřezávané vrstvy zvětšuje, a naopak od středu k místu výstupu břitu z materiálu dochází k postupnému zmenšování tloušťky třísky. Podle polohy osy frézy vzhledem k frézované ploše se rozlišuje frézování symetrické (osa nástroje prochází středem frézované plochy) a nesymetrické (osa nástroje je mimo střed frézované plochy) - obr. 2.4. U čelního frézování pracuje fréza současně sousledně i nesousledně (obr. 2.3) [1], [10].

Čelní frézování je výkonnější než frézování obvodové, protože při něm zabírá více zubů současně, což dovoluje pracovat s větším posuvem obrobku [10].



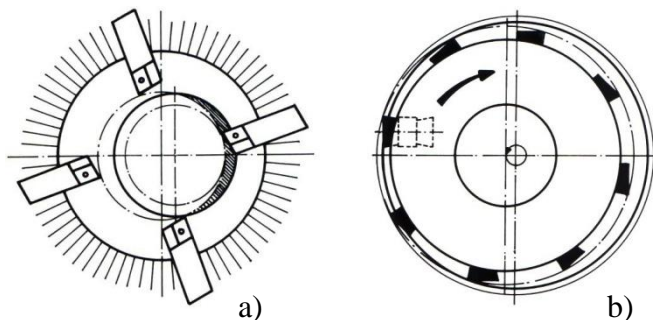
Obr. 2.3 Čelní frézování [1]



Obr. 2.4 Čelní frézování: a) symetrické, b) nesymetrické [39]

2.2.3 Okružní frézování

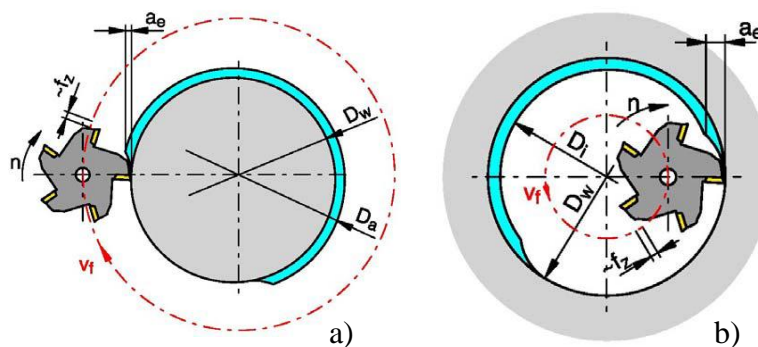
Okružní frézování (obr. 2.5) se využívá při obrábění dlouhých válcových tyčí a při výrobě závitů. Nástrojem je frézovací hlava osazena několika noži. Při frézování tyčí se frézovací hlava otáčí i posouvá, při frézování závitů se jen otáčí. Zbývající pohyby nutné k obrábění vykonává obrobek [10].



Obr. 2.5 Okružní frézování: a) vnější, b) vnitřní [1]

2.2.4 Planetové frézování

Planetové frézování (obr. 2.6) se uplatňuje u číslicově řízených strojů a obráběcích center, vybavených kruhovou interpolací dráhy nástroje (osa nástroje se pohybuje v nastaveném kruhu), jehož pohyb může být řízen po kružnici, což umožňuje frézovat celé rotační plochy nebo jejich části [10].



Obr. 2.6 Planetové frézování: a) vnější, b) vnitřní [1]

2.3 Nástroje pro frézování

Pro frézování se využívá mnoho druhů frézovacích nástrojů, které se nazývají frézy. Jsou to vícebřité, někdy i tvarově složité nástroje, které lze v závislosti na jejich technologickém uplatnění třídit do jednotlivých skupin podle různých hledisek [1], [5]:

a) Podle umístění zubů na tělese nástroje (obr. 2.7):

- **válcové** - mají zuby na válcové ploše,
- **čelní** - mají zuby na čelní ploše,
- **válcové čelní** - mají zuby na čelní i válcové ploše.



Obr. 2.7 Zleva: fréza válcová, čelní a válcová čelní [40], [41], [42]

b) Podle nástrojového materiálu zubů:

- **frézy z rychlořezné oceli,**
- **slinutých karbidů,**
- **cermetů,**
- **řezné keramiky,**
- **KNB - polykrystalického kubického nitridu boru,**
- **PKD - polykrystalického diamantu.**

c) Podle provedení zubů (obr. 2.8):

- **frézy se zuby frézovanými** - čelo i hřbet tvoří rovinné plochy, úzká fazetka o šířce 0,5 až 2 mm na hřbetě zpevňuje břit a ostření se provádí na hřbetě,
- **frézy se zuby podsoustruženými** - mají hřbetní plochu vytvořenou jako část Archimedovy spirály, čelo zubu je tvořeno rovinnou plochou a proto se ostření provádí na čele. Předností podsoustružených zubů je, že při ostření se jejich profil mění jen nepatrně, takže se využívají především pro tvarové frézy.



Obr. 2.8 Zleva: fréza se zuby frézovanými a podsoustruženými [42], [43]

d) Podle směru zubů vzhledem k ose rotace frézy (obr. 2.9):

- **frézy se zuby přímými,**
- **frézy se zuby ve šroubovici** - pravé nebo levé. Zuby ve šroubovici vnikají do záběru postupně, takže řezný proces je plynulý a klidnější. Sklon šroubovice je 10° až 45° a někdy i více.



Obr. 2.9 Zleva: fréza se zuby přímými a ve šroubovici [44], [45]

e) Podle počtu zubů vzhledem k průměru frézy (obr. 2.10):

- **jemnozubé,**
- **polohrubozubé,**
- **hrubozubé.**

Pro klidný chod frézy má být počet zubů takový, aby současně řezaly nejméně dva zuby.



Obr. 2.10 Zleva: fréza jemnozubá, polohrubozubá a hrubozubá [46], [47], [48]

f) Podle konstrukčního uspořádání (obr. 2.11): se rozlišují frézy

- **celistvé** - těleso i zuby jsou z jednoho materiálu,
- **s vloženými noži,**
- **s vyměnitelnými břitovými destičkami.**



Obr. 2.11 Zleva: fréza celistvá a s vyměnitelnými břitovými destičkami [42], [49]

g) Podle geometrického tvaru funkční části (obr. 2.12):

- **válcové,**
- **kotoučové,**
- **úhlové,**
- **drážkovací,**
- **kopírovací,**
- **rádusové,**
- **na výrobu ozubení, závitů.**



Obr. 2.12 Zleva: fréza válcová, kotoučová, úhlová, drážkovací, kopírovací, rádusová, na výrobu ozubení a závitů [42], [50], [51], [52], [53], [54], [55], [56]

h) Podle způsobu upnutí (obr. 2.13): jsou frézy

- **nástrčné** - upínají se na centrální díru,
- **stopkové** - upínají se za válcovou stopku, nebo kuželovou stopku.



Obr. 2.13 Zleva: fréza nástrčná, stopková s válcovou stopkou a kuželovou stopkou [47], [57], [58]

i) Podle smyslu otáčení při pohledu od vřetena stroje (obr. 2.14):

- **pravořezné,**
- **levořezné.**



Obr. 2.14 Zleva: fréza pravořezná a levořezná [59], [60]

2.4 Stroje pro frézování

Stroje pro frézování se nazývají frézky, vyrábějí se ve velkém počtu modelů a velikostí, často i se zvláštním příslušenstvím. Podle konstrukčně-technologické koncepce se frézky dělí do čtyř základních skupin - **konzolové, stolové, rovinné a speciální** [5], [7].

2.4.1 Konzolové frézky

Charakteristickou částí těchto strojů je výškově přestavitelná konzola, která se pohybuje po vedení stojanu. Na konzole je pohyblivý příčný stůl s podélným pracovním stolem. Tato kombinace pohybů umožňuje přestavování obrobku upnutého na pracovním stole ve třech pravouhlých souřadnicích vzhledem k nástroji. Konzolové frézky jsou vhodné pro frézování rovinných a tvarových ploch u menších a středně velkých obrobků v kusové a malosériové výrobě. Vyrábějí se ve třech základních variantách, a to jako vodorovné (horizontální) - obr. 2.15, svislé (vertikální) - obr. 2.17, a univerzální [7].

- **Vodorovné konzolové frézky** mají osu pracovního vřetena vodorovnou, rovnoběžnou s plochou podélného stolu a kolmou na směr pohybu podélného stolu. Nejčastěji se používají pro frézování ploch rovnoběžných s upínací plochou stolu a pro výrobu drážek a tvarových ploch. Pracuje se na nich obvykle frézami válcovými, kotoučovými a tvarovými. Frézovací trn, na který se upíná nástroj, může být podepřen v jednom nebo ve dvou opěrných ložiskách. Omezeně se u nich používají frézy s kuželovou stopkou a frézovací hlavy upnuté do kužele pracovního vřetena. Univerzální konzolové frézky (obr. 2.16) se od ostatních frézek liší tím, že jejich podélný stůl je ve vodorovné rovině otočný kolem svislé osy o $\pm 45^\circ$ [7].

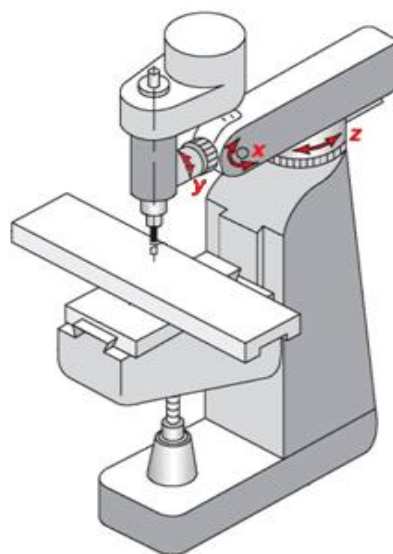


Obr. 2.15 Vodorovná konzolová frézka [61] Obr. 2.16 Univerzální konzolová frézka [63]

- **Svislé konzolové frézky** mají osu pracovního vřetení kolmou k upínací ploše stolu. Pracovní vřetení je uloženo buď ve svislé hlavě připevněné na stojanu frézky, nebo přímo ve stojanu. Svislá hlava se dá natáčet o $\pm 45^\circ$ kolem osy y, vřetení bývá svisle přestavitelné. Na svislých konzolových frézách se frézují zejména rovinné plochy rovnoběžné s upínací plochou stolu, drážky v těchto plochách a tvarové plochy. Používají se k tomu čelní frézy upnuté na krátkém trnu, nebo frézy s kuželovou stopkou upínané přímo do kužele vřetení, nebo s válcovou stopkou, upnuté do sklíčidla. Na větších svislých konzolových frézách se používají také frézovací hlavy. Nástrojařské frézky (obr. 2.18) mají oproti ostatním frézám navíc možnost posouvat vřeteník ve směru osy y a natáčet jej kolem osy x, případně z (umožňují frézovat plochy pod různými úhly) [7].



Obr. 2.17 Svislá konzolová frézka [62]



Obr. 2.18 Nástrojařská frézka [7]

2.4.2 Stolové frézky

Stolové frézky (obr. 2.19) nemají konzolu a mají obvykle podélný a příčný stůl. Pohyb ve svislém směru pro nastavení nástroje vzhledem k obrobku je zajištěn přemísťováním frézovacího vřeteníku po vedení stroje. Na těchto stojích lze kvalitně a produktivně obrábět rozměrnější a těžší součástky. Vyrábějí se jak ve svislém, tak i vodorovném provedení [1].



Obr. 2.19 Stolová frézka [64]

2.4.3 Rovinné frézky

Rovinné frézky (obr. 2.20) patří mezi nejvýkonnější druh frézek. Jejich konstrukce je robustní a proto umožňují obrábět těžké a rozměrné obrobky. Využívají se pro kusovou a malosériovou výrobu, dobře se však uplatňují i v sériové výrobě. Pracuje se na nich nejčastěji frézovacími hlavami při obrábění vodorovných, svislých a šikmých ploch a stopkovými frézami při frézování úzkých ploch a drážek. Tyto stroje se pohybují pouze ve směru vodorovném. Rovinné frézky mohou mít více vřeteníků (vodorovné i svislé) [1].



Obr. 2.20 Rovinná frézka [7]

2.4.4 Speciální frézky

Speciální frézky jsou používány pro speciálně zaměřené frézovací procesy, jako frézování ozubení ozubených kol, frézování závitů, apod. [5].

3 VRTÁNÍ

3.1 Obecná charakteristika vrtání

Vrtání (obr. 3.1) je obrábění vnitřních rotačních ploch zpravidla dvoubřitým nástrojem. Vrtáním se zhotovují díry do plného materiálu, nebo zvětšují již předpracované díry (předvrtané, předlité, předlisované, předkované, atd.). Hlavní pohyb je rotační a vykonává ho obvykle nástroj (vrták), méně často obrobek (např. při vrtání na soustruhu). Osa vrtáku je zpravidla kolmá k obráběné ploše, na které vrták vstupuje do obráběného materiálu. Posuvový (vedlejší) pohyb, ve směru své osy, vykonává vrták [5], [7], [11].



Obr. 3.1 Vrtání [70]

3.2 Druhy vrtání

Podle technologie vrtání, konstrukce a geometrie použitého vrtáku lze vrtání dělit na [11]:

Vrtání krátkých děr

- navrtávání začátku díry středícím vrtákem do plného materiálu,
- do plného materiálu, používají se vrtáky šroubovitě, kopinatě, s vyměnitelnými břitovými destičkami a s vyměnitelnými špičkami (poměr $D/L=1/5 \div 1/10$, kde D je průměr díry, L je délka díry),

Vrtání hlubokých děr

- do plného materiálu nebo předpracovaných děr, používají se vrtáky dělové, hlavňové, ejektorové, BTA, STS, u děr malých průměrů i vrtáky šroubovitě (poměr $D/L > 1/10$),

Vrtání průchozích děr

- zejména větších průměrů, „na jádro“, tj. odřezáváním obráběného materiálu ve tvaru mezikruží jednobřitým nebo vícebřitým korunkovým (trepanačním) vrtákem,

Speciální případy vrtání

- vrtání děr v plechu (vrták do plechu pro široký rozsah průměrů, odstupňovaný vrták do plechu), vrtání odstupňovaných děr (odstupňovaný vrták), vrtání díry se současným vystružováním, závitováním, zahlubováním nebo hlazením (sdružené nástroje),

Vrtání děr v těžkoobrobitelných, kompozitních a nekovových materiálech

- plastické hmoty, pryže, beton, kámen, cihly, pomocí vrtáků se speciální konstrukcí nebo geometrií.

3.3 Nástroje pro vrtání

Nástroje pro vrtání se nazývají vrtáky. Nejdříve je uvedeno rozdělení vrtáků a poté jsou podrobně rozebrány. Podle technologie a druhu vrtání, konstrukce a geometrie nástroje lze vrtáky rozdělit do několika hlavních skupin [11]:

Pro vrtání krátkých děr

- středící vrtáky,
- šroubovitě vrtáky,
- kopinaté vrtáky,
- vrtáky s vyměnitelnou špičkou,
- vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami,

Pro vrtání hlubokých děr

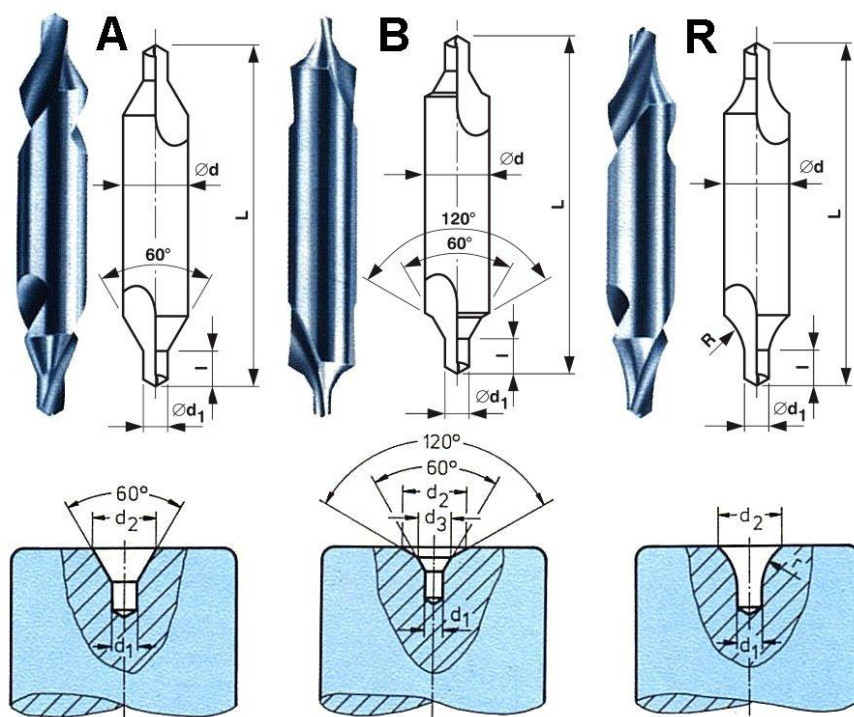
- dělové a hlavňové vrtáky,
- ejektorové vrtáky,
- BTA (Boring and Trepanning Association) nebo STS (Single Tube System) vrtáky,

Pro speciální vrtání

- vrtáky do plechu,
- odstupňované vrtáky,
- speciální sdružené nástroje.

3.3.1 Středící vrtáky

Středící vrtáky se používají k navrtání tvarových důlků pro upínání obrobků do hrotů nebo (vzhledem k jejich tuhosti) k navrtání středícího důlku pro přesné určení polohy osy díry při vrtání šroubovitým vrtákem [12]. Existují 3 základní druhy středících vrtáků (obr. 3.2).



Obr. 3.2 Středicí vrtáky [7]

3.3.2 Šroubovité vrtáky

Šroubovitý vrták je dvoubřitý nástroj se šroubovitými drážkami pro odvod třísek a přívod procesní kapaliny. Tělo vrtáku je kuželovité s menším průměrem u stopky, aby se snížilo tření. Průměr jádra se směrem ke stopce rovnoměrně zvětšuje s kuželovitostí 1:70, čímž se zvětšuje tuhost vrtáku. Šroubovitými vrtáky vrtáme kratší díry. Faseta je úzká válcová ploška na vedlejším ostří šroubovitého vrtáku, která zajišťuje vedení a snižuje tření. Vrták má dvě hlavní ostří položená symetricky k ose vrtáku, která jsou na hrotu vrtáku spojena příčným ostřím [5], [12].

Šroubovité vrtáky se rozdělují podle [12]:

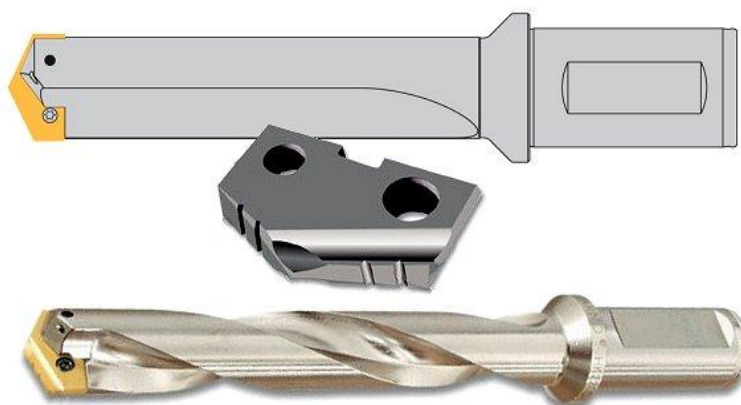
- tvaru stopky: s válcovou (obr. 3.3), kuželovou stopkou - Morse
- směru otáčení: pravořezné, levořezné
- délky: krátké, dlouhé
- úhlu stoupání šroubovice: s velkým, středním a malým.



Obr. 3.3 Šroubovitý vrták s válcovou stopkou [7], [65]

3.3.3 Kopinaté vrtáky

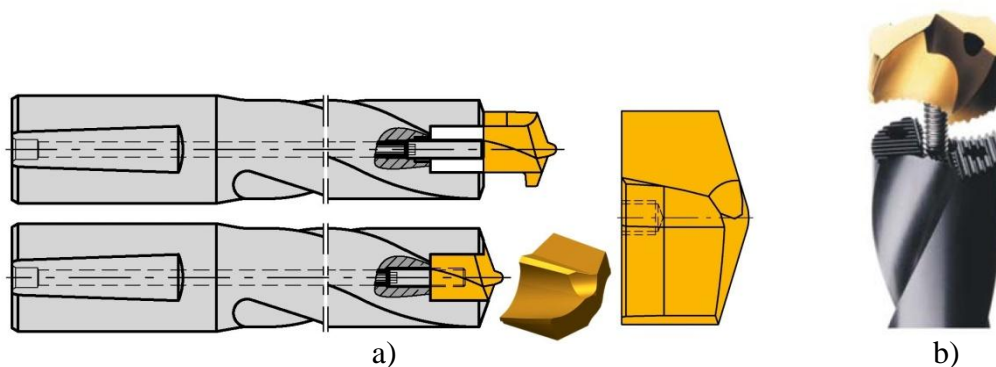
Kopinaté vrtáky (obr. 3.4) jsou velmi tuhé a umožňují bez předchozího navrtávání vrtat díry o $\varnothing 10$ až 128 mm, do poměru délky k průměru $L/D=3/1$. Nevýhodou těchto vrtáků je špatný odvod třísek a lze jej zlepšit přívodem dostatečného množství procesní kapaliny, která třísky odplavuje. Současné kopinaté vrtáky mají řeznou část jako vyměnitelné břitové destičky, které mají speciální tvar a mohou být vyrobeny z rychlořezných ocelí nebo slinutých karbidů. Pro snížení tření ve vrtané díře jsou na hlavních hřbetech destiček vytvořeny fazetky. Parametry drsnosti povrchu vyvrtané díry jsou horší než po vrtání šroubovitým vrtákem [11], [12].



Obr. 3.4 Kopinaté vrtáky [7]

3.3.4 Vrtáky s vyměnitelnou špičkou

Vrtáky s vyměnitelnou špičkou jsou vyráběny ve dvou konstrukčních provedeních, a to buď se špičkou ve formě břitové destičky, nebo ve formě hlavice (obr. 3.5). V některých případech umožňují centrální přívod řezné kapaliny přímo do místa řezu, špičky (destičky i hlavice) jsou vesměs vyráběny ze slinutých karbidů. Hlavice mají různou geometrii, podle obráběného materiálu a požadavků technologické operace, pro kterou jsou určeny [11].

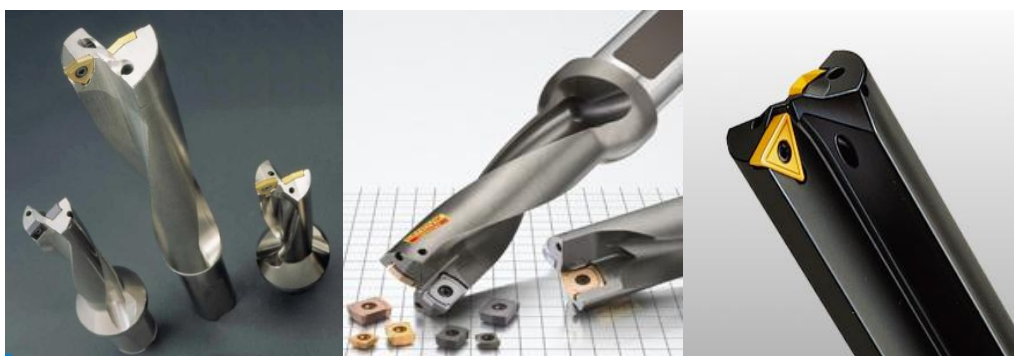


Obr. 3.5 Vrtáky: a) s vyměnitelnou destičkou, b) s vyměnitelnou hlaví [11]

3.3.5 Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami

Vrtáky s vyměnitelnými destičkami (obr. 3.6) jsou vysocevýkonné nástroje. Držák je vyroben z konstrukční oceli vyšší pevnosti, řeznou část tvoří dvě nebo více (podle průměru vrtáku) mechanicky upínané vyměnitelné břitové destičky, nejčastěji z SK. K zajištění dobrého odvodu třísek se používají destičky s dírou, upnuté šroubem. V tělese držáku jsou vyfrézovány dvě drážky (přímé, nebo ve šroubovici) k odvodu třísek [12].

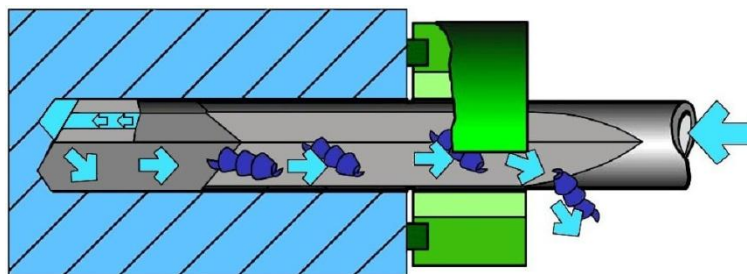
Vrtáky s vyměnitelnými destičkami se používají pro vrtání děr doplna od průměru 12 až 100 mm. Jelikož tyto vrtáky nejsou v díře vedeny, závisí přesnost díry na tuhosti nástroje. Proto je nelze používat pro vrtání děr hlubších jak 2 až 3x D (D - průměr vrtané díry). Při vrtání těmito vrtáky odpadá navrtávání. Vzhledem k vysokým řezným rychlostem je výkon vrtáků s vyměnitelnými břitovými destičkami 5 až 10x vyšší, než u šroubovitých vrtáků z RO [12].



Obr. 3.6 Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami [7], [66], [67]

3.3.6 Dělové a hlavňové vrtáky

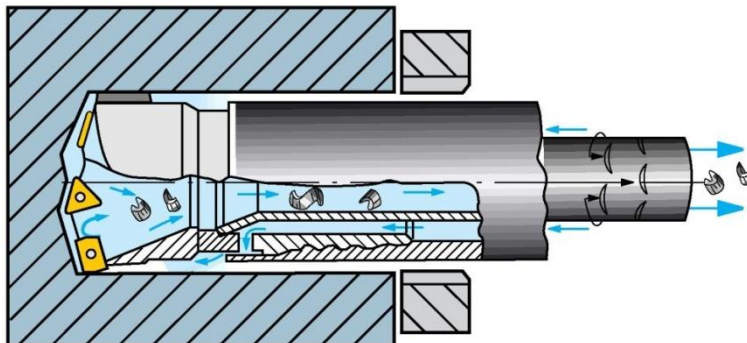
Dělové a hlavňové vrtáky se používají pro vrtání hlubokých děr. Dělové vrtáky se používají pro menší hloubky, protože nástroj se musí vždy po vyvrtání určité hloubky vytáhnout, aby se z díry odstranily třísky (vrták má geometrii, která nezajišťuje odvod třísek). Hlavňové vrtáky jsou určeny pro vrtání přesnějších děr. Řezná část nástroje (z rychlořezné oceli nebo slinutého karbidu) je připájena na trubku nebo tyč potřebné délky. Někdy je řezná část tvořena připájenými břitovými destičkami, spolehlivé středění zajišťují vodítka, rovněž připájená k tělesu vrtáku. Procesní kapalina je přiváděna dírami v tělese vrtáku a zaručuje vyplavování vznikajících třísek (obr. 3.7). Pro vrtání pomocí dělových a hlavňových vrtáků se používají speciálně upravené soustruhy [11].



Obr. 3.7 Odvod třísky při vrtání hlavňovým vrtákem [11]

3.3.7 Ejektorové vrtáky

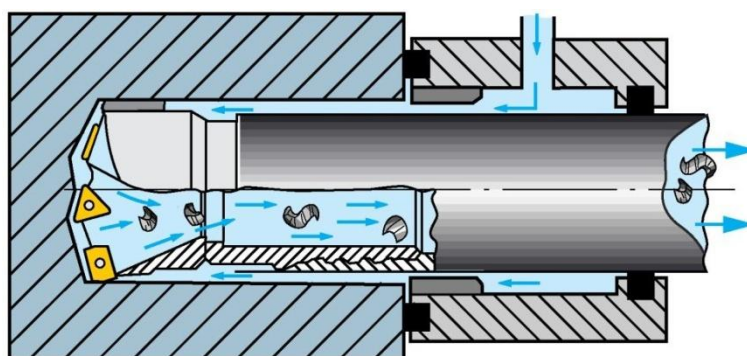
Ejektorový vrták se skládá z vrtací hlavice, která je našroubována do vnější vrtací trubky. Procesní kapalina je přiváděna k břitům nástroje mezikružím mezi vnější a vnitřní trubkou, přičemž její malé množství, odcházející šterbinami v zadní části vnitřní trubky, způsobuje ejektorový efekt (nasávání kapaliny směrem od břitů vrtáků a strhávání vznikajících třísek - obr. 3.8). Pomocí ejektorových vrtáků lze vrtat díry o $\varnothing 20$ až 60 mm, v délce až $100 \times D$ (horizontálně) nebo $50 \times D$ (vertikálně). U ejektorové metody se používá tlaku procesní kapaliny 0,5 až 2 MPa [11], [12].



Obr. 3.8 Princip ejektorového vrtání [11]

3.3.8 BTA a STS vrtáky

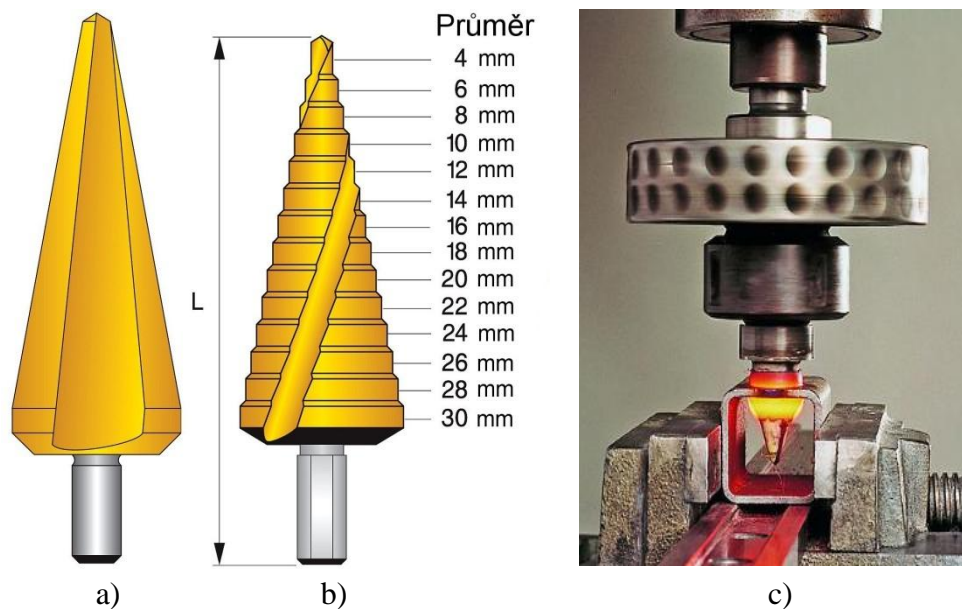
BTA nebo STS vrtáky umožňují vrtat do plného materiálu, předvrtané díry i metodou „na jádro“ a lze je použít pro větší rozsahy vrtaných průměrů než vrtáky ejektorové. Vrtací hlavice do plného materiálu jsou vyráběny až do $\varnothing 180$ mm, vrtací hlavice pro vrtání „na jádro“ v rozsahu $\varnothing 120$ až 300 mm. Procesní kapalina je u tohoto typu vrtáků přiváděna mezerou mezi stěnou vrtané díry a trubkou vrtáku a spolu se vznikající třískou odváděna středem trubky (obr. 3.9). Proto musí být tlaková hlava pro přívod procesní kapaliny utěsněna z obou stran, těsnění se nachází i na čelní ploše obrobku, kde vrták vstupuje do obráběného materiálu. U metody BTA se používá tlaku procesní kapaliny 4 až 10 MPa. [11], [12].



Obr. 3.9 Princip funkce BTA a STS vrtáku [11]

3.3.9 Vrtáky do plechu

Vrtání do tenkostěnných profilů nebo do plechů lze provádět speciálními vrtáky (širokorozsahový, odstupňovaný, termální tvářecí - obr 3.10) [13].



Obr. 3.10 Vrtáky do plechu: a) širokorozsahový, b) odstupňovaný, c) termální tvářecí [11], [68]

3.3.10 Odstupňované vrtáky

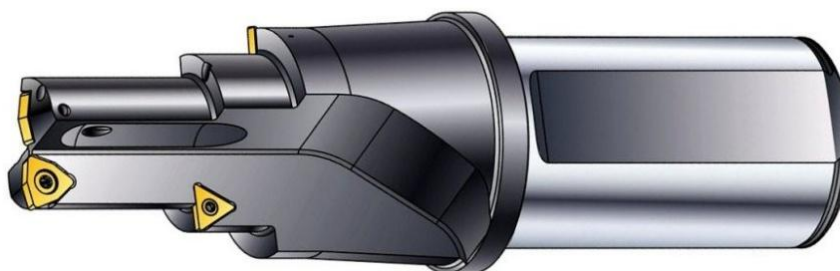
Odstupňované vrtáky (obr 3.11) se využívají na vrtání dvou a více průměrů současně [13].



Obr. 3.11 Odstupňovaný vrták [7]

3.3.11 Speciální sdružené nástroje

Sdružené vrtáky (obr 3.12) jsou uzpůsobeny pro vrtání děr se současným vystružováním, závitováním, zahlubováním nebo hlazením. Používají se v sériové a hromadné výrobě k dosažení časové úspory [11], [12].



Obr. 3.12 Speciální sdružený nástroj pro vrtání a dvojité zahlubování [11]

3.4 Stroje pro vrtání

Vrtání se nejčastěji provádí na vrtačkách, v případě potřeby i na soustruzích, vodorovných vyvrtávačkách a obráběcích centrech. Vrtačky jsou stroje, které se využívají k vrtání, vyhrubování, vystružování, zahlubování a řezání závitů. Podle konstrukčního technologického řešení se člení vrtačky na **ruční, stolní, sloupové, stojanové, otočné, montážní a speciální**. Velikost vrtaček se posuzuje podle maximálního průměru díry, kterou lze na vrtačce vrtat zplna do oceli střední pevnosti [5], [7].

3.4.1 Stolní vrtačky

Stolní vrtačky (obr. 3.13) mají velmi jednoduchou konstrukci. Vřeteník, který nese motor, je posuvný po krátkém sloupu, takže lze snadno nastavovat jeho výškovou polohu vzhledem k pracovnímu stolu. Otáčky vřetena se mění pomocí stupňovité řemenice, na které se ručně přemísťuje klínový řemen. Posuv vřetene s nástrojem je obvykle ruční. Stolní vrtačky se vyrábí ve velikostech V6, 10, 16 a 20, jako jednovřetenové nebo řadové, s uspořádáním vřeten v jedné řadě na společném stole [11].



Obr. 3.13 Stolní vrtačka [11]

3.4.2 Sloupové vrtačky

Sloupové vrtačky (obr. 3.14) umožňují vertikální posuv vřeteníku i pracovního stolu po sloupu, který je jejich základním konstrukčním prvkem. Otáčky vřetena lze stupňovitě regulovat pomocí vestavěné převodovky, posuv vřetena je mechanický. Menší součásti se upínají na pracovní stůl, větší na základovou desku vrtačky [11].



Obr. 3.14 Sloupová vrtačka [11]

3.4.3 Stojanové vrtačky

Stojanové vrtačky se od sloupových vrtaček liší tím, že pracovní stůl i vřeteník se výškově přesouvají po vedení stojanu, který má skříňovitý průřez [11].

3.4.4 Otočné vrtačky

Otočné vrtačky se používají pro vrtání děr do těžších a rozměrnějších obrobků. Jejich charakteristickou součástí je rameno, na němž se po vedení pohybuje ve vodorovném směru pracovní vřeteník. Rameno se u většiny otočných vrtaček pohybuje svisle po vedení stojanu skříňovitého průřezu, který je otočně uložen na vnitřním sloupu. U některých provedení otočných vrtaček je rameno uloženo točně i suvně na přesně broušeném sloupu (obr. 3.15) [11].



Obr. 3.15 Otočná vrtačka [11]

3.4.5 Montážní vrtačky

Montážní vrtačky jsou zvláštním provedením otočných vrtaček. Jsou přenosné a používají se v montážních dílnách. Obrobek se upíná na pevný pracovní stůl nebo stavitelnou kostku. Nastavení libovolného vyložení vřeteníku na rameni a možnost otáčení ramena v rozsahu 360° umožňuje provádět vrtací operace ve velkém prostoru kolem vrtačky [11].

3.4.6 Speciální vrtačky

Speciální vrtačky se využijí pro specializované vrtací operace. Patří sem vrtačky na hluboké díry, souřadnicové vrtačky, vícevřetenové vrtačky, stavebnicové vrtačky s vrtacími hlavami, apod. [11].

4 KRATOCHVÍL LADISLAV KOVOOBRÁBĚČSTVÍ

V této kapitole bude představeno zázemí malé strojírenské firmy, uvedena konkrétní technologická situace a budou zde propojeny výše uvedené teoretické poznatky s praxí tj. použití konkrétních strojů a nástrojů v konkrétních obráběcích operacích. Tuto ukázkou mně umožnila malá strojírenská firma Kratochvíl Ladislav Kovoobráběčství.

4.1 Základní údaje o firmě

Název subjektu:	Kratochvíl Ladislav Kovoobráběčství
Místo provozování:	Oldřiš
Adresa:	569 82, Oldřiš 233
Majitel:	Kratochvíl Ladislav
Živnostenské oprávnění:	Obráběčství – živnost ohlašovací řemeslná

Ladislav Kratochvíl vystudoval SOU Strojírenské Adamov, závod Polička, obor soustružník kovů. Tato škola si připravovala své žáky jako budoucí zaměstnance podniku Adamovské strojírny, dnešní Poličské strojírny. Zde působil celých 30 let do roku 2004. Roku 2001 si založil živnost a doplňoval své zaměstnání vedlejším pracovním poměrem v oboru kovoobráběčství. V roce 2004, po zrušení jeho pracoviště v Adamovských strojárnách se rozhodl, na základě dostatku vlastních zkušeností a zákazníků, věnovat se plně svému podnikání. Zpočátku podnikal pouze na soustružnickém stroji SV18 RA, ručně vyráběné frézce a vrtačce. V té době spolupracoval na menších zakázkách např. s firmami DANIŠEVSKÝ spol. s r. o., HŠV stroje, a. s., Jindřich Čípa, Poličské strojírny a. s.

Od roku 2007 spolupracuje s nejmenovanou firmou, od které dostává větší množství zakázek, a proto si mohl dovolit malé rozšíření dílenských prostorů a přikoupení dalších strojů a nástrojů. Nyní pracuje především na vývoji výrobků této firmy.

Hlavní náplní práce je výroba komponentů pro průmyslové mikroskopy, práce na zakázkových sestavách pro použití v materiálovém inženýrství, kriminalistice a vědeckých laboratořích, ale i práce na sestavách pro zemědělský a automobilový průmysl.



Obr. 4.1 Kratochvíl Ladislav Kovoobráběčství

4.2 Zázemí firmy

Jak již bylo zmíněno, po roce 2007 se na základě zlepšující se ekonomické situace ve firmě rozšířily dílenské prostory a přikoupily další stroje a nástroje. S těmito stroji pracuje pan Kratochvíl i v současné době a v nejbližší budoucnosti zatím neplánuje další rozšiřování.

4.2.1 Strojové vybavení firmy

- **Hrotový soustruh SV18 RA, výrobce TOS Trenčín**

Hrotový soustruh SV18 RA (obr. 4.2) je vysoce přesný a výkonný stroj pro universální použití v kusové a malosériové výrobě, pro všechny druhy kovových i nekovových materiálů. Stroj vyniká velkým rozsahem stoupání různých typů závitů, příčných i podélných posuvů. Společně s výkonným 7,2 kW motorem vyhovuje i těm nejnáročnějším soustružnickým operacím. Tyto soustruhy mohou mít na sobě namontovány kopírovací zařízení, které umožňují výrobu i velice složitých tvarových obrobků [14].



Obr. 4.2 Hrotový soustruh SV18 RA

- **Hrotový soustruh SN 40, výrobce TOS Trenčín**

Hrotový soustruh SN 40 (obr. 4.3) je pro svoji značnou universálnost, pracovní přesnost a nízkou pořizovací cenu určen především pro kusovou nebo malosériovou výrobu.



Obr. 4.3 Hrotový soustruh SN 40

- **Univerzální frézka FA 4 U, výrobce TOS Kuřim**

Na frézce typu FA 4 U (obr. 4.4) je možné obrábět složité součásti do celkové hmotnosti 250 kg. Svým konstrukčním řešením je určena spíše pro kusovou a malosériovou výrobu. S použitím vertikální hlavy lze provádět různé práce, které by jinak vyžadovaly frézky vertikálních. Dále na těchto stojích lze využít univerzálních frézovacích hlav, díky kterým jdou obrábět i těžko přístupné, šikmé plochy, atd.



Obr. 4.4 Univerzální frézka FA 4 U

- **Sloupová vrtačka VS 32 A, výrobce Průmyslový kombinát Dačice**

Sloupová vrtačka VS 32 A (obr. 4.5) vyhovuje všem požadavkům kladeným na vrtání, vystružování a řezání závitů v kusové a malosériové výrobě. Konstrukci tvoří litinová základna, ze které vychází ocelový sloup, na kterém je otočně upevněn vřeteník a konzola se stolem. Vřeteník i konzola jsou svisle přestavitelné a otočné o 360° kolem sloupu. Stroj je vybaven dvěma řadami otáček vřetena. Změna řady se provádí přesunutím řemenu na dvoustupňových řemenicích dvěma ručními pákami. Posuv je ruční i strojní.



Obr. 4.5 Sloupová vrtačka VS 32 A

4.2.2 Nástrojové vybavení firmy

Většinu řezných nástrojů (příloha č. 1 - 4) pro výše uvedené stroje (viz kap. 4.2.1), podnik odkupuje od firmy Renar. Tato firma je prodejcem řezných nástrojů od výrobců, jako jsou např. M&V, spol. s r. o., Pramet Tools, s. r. o., Karned Tools s. r. o., ZPS-FRÉZOVACÍ NÁSTROJE a. s., DENAS Děčín, spol. s r. o. Firma Renar má jak internetový e-shop, tak kamenný obchod se sídlem ve Svitavách, který pan Kratochvíl preferuje z důvodu fyzického kontaktu s nakupovanými nástroji a případných rad od kvalifikovaného personálu při jejich výběru. Dále se výrobou těchto nástrojů v České republice zabývají firmy např. AB Sandvik Coromant, Seco Tools CZ s. r. o., atd.

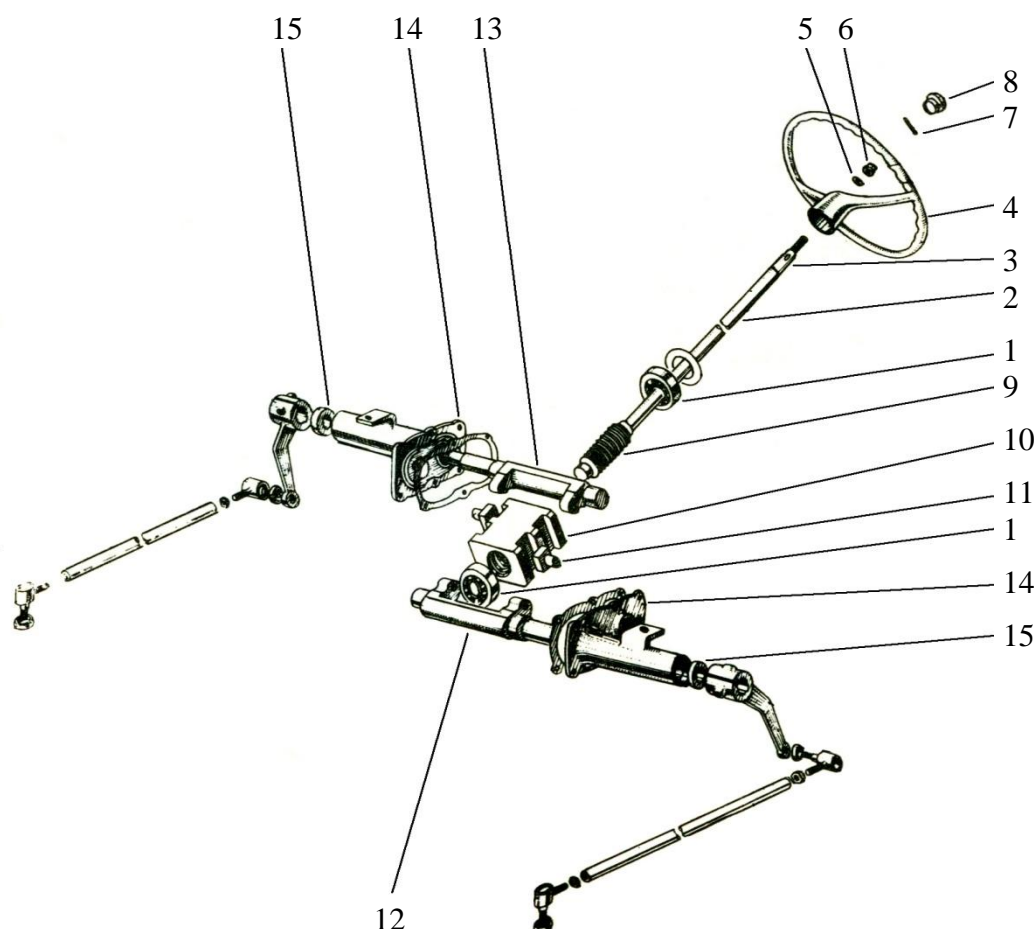
4.3 Technologická situace

Jak již bylo zmíněno, firma se zabývá i mimo jiné výrobou zakázkových sestav pro zemědělský průmysl. Jednou z nich je právě hřídel volantu a matice řízení do traktoru Zetor 3011, kterých firma vyrábí cca 100 kusů ročně. Výroba této sestavy bude níže podrobněji rozebrána.

Popis mechanismu řízení traktoru Zetor 3011

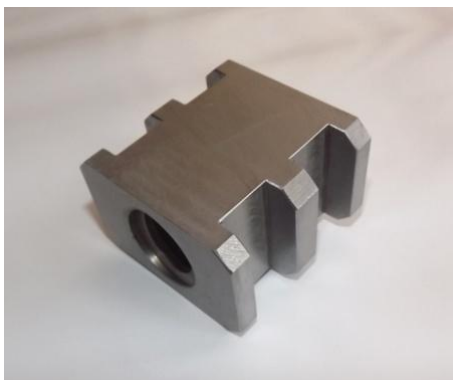
Mechanismus řízení je umístěn v horní části převodové skříně a slouží k převodu pohybu volantu na ovládací části kol.

Horní část hřídele řízení je uložena v silonovém pouzdře ve sloupku řízení, spodní část hřídele je uložena v převodové skříně ve dvou kuželíkových ložiskách (obr. 4.6/1). Na hřídeli volantu (2) je kužel s Woodruffovým perem (3), kde je uložen volant (4), pojištěný podložkou (5), korunkovou maticí (6) a závlačkou (7). Volant je uzavřen krytem (8). Na šroubu hřídele volantu (9) je našroubovaná matice řízení (10), v jejíchž drážkách se pohybují čtyři kameny řízení (11). Na čepy dvou spodních kamenů je nasunut hřídel levého kola (12), na čepy dvou horních kamenů je nasunut hřídel pravého kola (13). Hřídele kol jsou uloženy v pouzdrech řízení (14), připevněných k převodové skříně. V pouzdrech jsou zalisována hřídelová těsnění „Gufera“ (15) [15].





Obr. 4.6 Mechanismus řízení traktoru Zetor 3011 [15]

Technologický postup výroby (tab. 4.1 - 4.2) matice řízení (obr. 4.7) do traktoru Zetor 3011





Obr. 4.7 Matice řízení

Tab. 4.1 Operace prováděné na univerzální frézce FA 4 U [17], [69]

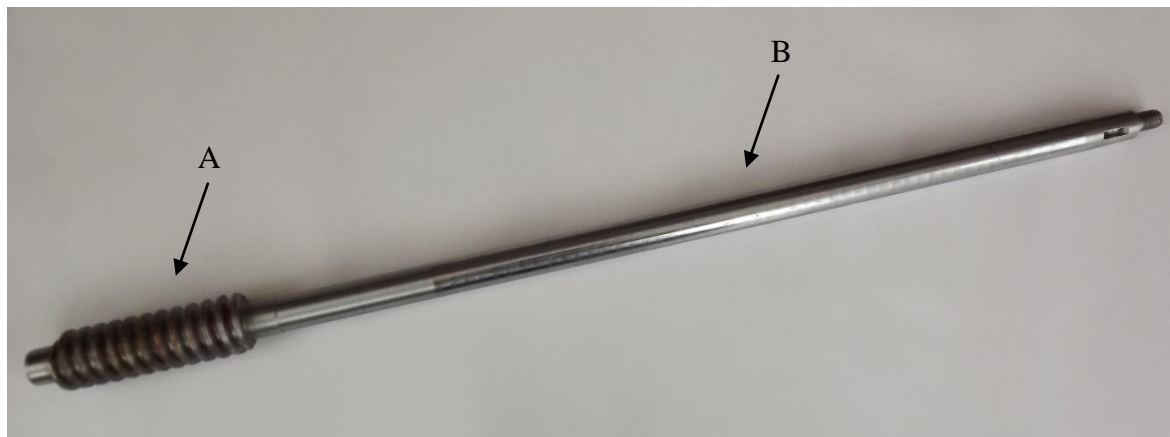
č.	popis operace	na rozměry	nástroj	poznámka, obrázek
1	frézovat polotovar 50x75x75 mm	47x74x74 mm	rovinná fréza Ø80 mm	
2	frézovat zkosení 4x	6 mm x 45°	rovinná fréza 45°	
3	frézovat drážku 4x	šířka 22 H8, hloubka 12,5 mm, Ra dna a boků drážek 1,6 µm	stopková fréza Ø18 mm	příloha č. 5

Tab. 4.2 Operace prováděné na hrotovém soustruhu SV18RA pomocí přípravku [18]

č.	popis operace	na rozměry	nástroj	poznámka, obrázek
1	vrtat díru	Ø26 mm	šroubovitý vrták Ø26 mm	příloha č. 6
2	soustružit díru	Ø27 mm	nůž pro obrábění vnitřních ploch	
3	srazit náběhovou a výběhovou hranu díry	Ø36 mm pod úhlem 30°	nůž pro obrábění vnitřních ploch	
4	soustružit závit	TR 34x9 (vnitřní, pravý, jednochodý se stoupáním 9 mm)	závitový, trapézový nůž 30° pro obrábění vnitřních ploch	příloha č. 7

Technologický postup výroby hřídele volantu do traktoru Zetor 3011

Hřídel volantu (obr. 4.8) se vyrábí ze dvou částí. První je šroub hřídele volantu (obr. 4.8/A), druhá je tělo hřídele volantu (obr. 4.8/B).

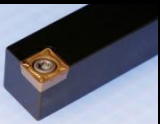
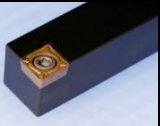




Obr. 4.8 Hřídel volantu

Nejdříve se vyrábí šroub hřídele volantu (A – tab. 4.3), poté je vyrobeno tělo hřídele volantu (B – tab. 4.4 - 4.6), dále následuje zavaření těchto dvou částí a konečné obrobení celé hřídele (tab. 4.7)

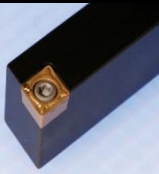

A) Šroub hřídele volantu (polotovar Ø36x192 mm)

Tab. 4.3 Operace prováděné na hrotovém soustruhu SV18RA [19], [20], [21]



č.	popis operace	na rozměry	nástroj	poznámka, obrázek
1	soustružit polotovar	Ø23 mm, délka 17 mm	pravý, stranový nůž	
2	soustružit polotovar (druhá strana)	Ø23 mm, délka 63 mm	pravý, stranový nůž	
3	srazit hranu pro svár	3 mm x 45°	uběrací nůž 45°	
4	vrtat díru do středu čela (z důvodu vystředění při spojení s druhou součástí - tělem hřídele volantu)	Ø10 mm, hloubka 10 mm	šroubovitý vrták Ø10 mm	

B) Tělo hřídele volantu (polotovár Ø20x527,5 mm)

Tab. 4.4 Operace prováděné na hrotovém soustruhu SV18RA [19], [22], [24]

č.	popis operace	na rozměry	nástroj	poznámka, obrázek
1	soustružit polotovár	Ø10 mm bez vůle (z důvodu dodržení souososti obou součástí), délka 10 mm	pravý, stranový nůž	
2	soustružit závit (druhá strana)	M12 (vnější, pravý), délka 18 mm	závitový nůž	
3	soustružit kužel (dále za závitem)	kuželovitost 1:20 malý Ø18 mm, velký Ø20 mm => délka kužele 40 mm Ra 1,6 µm	pravý nůž	

Tab. 4.5 Operace prováděné na sloupové vrtáče VS 32 A [21], [27]

č.	popis operace	na rozměry	nástroj	poznámka, obrázek
1	vrtat díru do závitu M12 (pro zajišťovací závlačku)	Ø3,5 mm, na délce 5 mm od čela	šroubovitý vrták Ø3,5 mm	
2	odjehlit hrany díry v závitu		šroubovitý vrták Ø8 mm	

Tab. 4.6 Operace prováděné na univerzální frézce FA 4 U

č.	popis operace	na rozměry	nástroj	poznámka, obrázek
1	frézovat drážku pro Woodruffovo pero	ve středu délky kužele, šířka 5 mm, hloubka 6,5 mm	fréza tvaru T Ø19 mm, šířka 5 mm	příloha č. 8

Spojení šroubu a těla hřídele volantu se provádí nalisováním pomocí koníku a zavařením metodou tavící se elektrodou v aktivním plynu CO₂.

Dokončení výroby hřídele volantu (následující operace probíhají na jedno upnutí).

Tab. 4.7 Operace prováděné na hrotovém soustruhu SV18RA [19], [20], [23], [24], [25], [26]

č.	popis operace	na rozměry	nástroj	poznámka, obrázek
1	vrtat středící důlek do čela + opřít otočným hrotem	Ø2,5 mm na Ø5 mm	středící vrták Ø2,5 mm 60°	
2	přesoustružit svar	Ø20 mm, do délky 145 mm od začátku šroubu (pravé strany)	levý, stranový nůž	příloha č. 9
3	soustružit polotovar o průměru 36 mm	Ø34 $^{+0,1}_{-0,2}$ mm	pravý nůž	
4	soustružit Ø23 mm (pravá strana)	Ø21 j6 mm, délka 17 mm, Ra 0,8 µm	pravý, stranový nůž	
5	srazit náběhovou hranu na průměru 21 j6 mm	1,5 mm x 15°	nabírací nůž	
6	soustružit Ø23 mm (levá strana)	Ø21 j6 mm, délka 18 mm, Ra 0,8 µm	levý, stranový nůž	
7	srazit náběhovou hranu na průměru 21 j6 mm	1,5 mm x 15°	nabírací nůž	
8	srazit náběhovou a výběhovou hranu na průměru 34 mm	3 mm x 15°	nabírací nůž	
9	soustružit závit	TR 34x9 (vnější, pravý, jednochodý se stoupáním 9 mm)	závitový, trapézový nůž 30° pro obrábění vnějších ploch	příloha č. 10
10	srazit hrany závitu	0,2 mm x 45°	uběrací nůž 45°	

4.3.1 Zhodnocení technologické situace

Z hlediska dodržení geometrie a tvaru součástí

Z tohoto hlediska je na celé sestavě nejdůležitější výroba trapézových závitů, a to jak vnitřního v matici řízení, tak vnějšího na hřídeli volantu, neboť toto jsou jediné činné plochy ve spojení této sestavy. Jak již bylo uvedeno v technologickém postupu, nejdříve se vyrábí vnitřní trapézový závit do matice řízení, a to dle kalibru. Kalibr představuje šroub s pravým, trapézovým závitem TR 34x9, který zajistí, že všechny vyráběné matice řízení budou mít „stejně“ závity. A protože se závit na hřídeli volantu lícuje s maximální přesností na již vyrobenou matici, docílí se „stejných“ trapézových závitů i na hřídelích volantů. Tímto se snižuje náročnost a zvyšuje efektivnost výroby těchto závitů, neboť probíhá vždy totožně.

Dále je důležité z hlediska dodržení geometrie, aby dokončení výroby hřídele volantu probíhalo na jedno upnutí z důvodu souososti všech obrobenech ploch.

Z hlediska funkčnosti ploch, dodržení jakostí povrchů a tolerancí rozměrů

Z těchto hledisek je nutné především dodržet šířku drážek v matici řízení 22 mm s tolerancí H8 a Ra 1,6 μm . Firma využívá pro měření těchto tolerancí válečkových kalibrů z důvodu rychlejšího měření, z hlediska přesnosti by bylo dobré tyto tolerance měřit Johansonovými měrkami z důvodu větší přiléhající plochy na měрку. Kameny řízení, které se v těchto drážkách pohybují, jsou broušeny, a kdyby se tato kritéria nedodržela, docházelo by k nežádoucímu jevu, a to vůli v řízení.

Dále jsou potřeba dodržet na hřídeli volantu průměry 21 mm s tolerancemi j6, Ra 0,8 μm a sražením náběhových hran 1,5 mm x 15° z důvodu nalisování kuželíkových ložisek za tepla.

Při výrobě trapézového závitu na hřídeli volantu je třeba soustružit polotovár na Ø34 mm s tolerancí $_{-0,2}^{-0,1}$ mm z důvodu bezproblémového našroubování hřídele volantu do matice řízení. Hlavním kritériem při výrobě těchto závitů je dodržení hladkých čelních stěn, aby při chodu nedocházelo k jejich nadměrnému opotřebování, zadírání a následné vůli v řízení. Ostatní plochy sestavy se obrábějí na Ra 3,2 μm .

Z hlediska vhodnosti materiálu

Matice řízení i hřídel volantu se vyrábějí z nelegované konstrukční jemnozrnné oceli ČSN 11 523 (příloha č. 11), neboť je vhodná ke svařování. V tab. 4.8 je uvedeno orientační srovnání této oceli se zahraničními normami.

Tab. 4.8/1 Orientační srovnání oceli ČSN 11 523 se zahraničními normami [71]

Česká republika	EURO	ISO	Německo	Německo	Rusko	Spojené státy americké
ČSN	EN	ISO	DIN	W.-nr.	GOST	AISI/SAE
11 523	Fe510	Fe510D	St52-3	1.0570	17GS	Gr.15180

Tab. 4.8/2 Orientační srovnání oceli ČSN 11 523 se zahraničními normami [71]

Čína	Francie	Itálie	Japonsko	Polsko	Rakousko	Švédsko	Velká Británie
GB	AFNOR	UNI	JIS	PN	ONORM	SS	BS
16Mn	E36-3	Fe510	SM520C	16G2	St510D	2132	50/35HR

Z hlediska ekonomického a zvýšení efektivnosti výroby

Cílem zvýšení produktivity a efektivnosti je zkrácení výrobních časů, a tím i snížení nákladů na výrobu. Produktivita a efektivnost lze zvýšit např. změnou technologického postupu, volbou vhodných strojů, nástrojů, dále optimalizací řezných podmínek a manipulací se součásti. V tomto případě dochází ke zvýšení efektivnosti použitím přípravku (příloha č. 6), který umožňuje lepší ustavení obrobku a následné vysoustružení trapézového závitu do matice řízení.

V tomto případě se CNC stoj, který by zkrátil výrobní časy a zvýšil přesnost výroby, nevyplatí pořizovat, neboť se tyto výrobky nevyrábějí v sérii, ale pouze několik kusů za měsíc.

Kdyby se tyto výrobky začaly vyrábět ve větším množství, bylo by dobré využívat dorazů na použitých strojích pro rychlejší obrábění bez zbytečného měření několika rozměrů.

5 DISKUZE

V dnešní době je na trhu obrovský počet výrobců nejrůznějších typů obráběcích strojů i nástrojů, které vyhovují i těm nejnáročnějším obráběcím operacím. A proto záleží na finančních možnostech firem, které řešení s přihlédnutím ke všem aspektům využijí. Tyto aspekty tvoří např. přesnost, efektivnost, sériovost výroby, pořizovací a provozní náklady strojů a nástrojů, ale i další.

Zákazníci požadují vysoké nároky na přesnost a efektivnost za co nejnižší náklady, proto i v třískovém obrábění dochází k neustálému zdokonalování, důkazem toho je, že v dnešní době jsou konvenční stroje čím dál více vytlačovány stroji s CNC řízením.

O uvedené technologické situaci, tedy výrobě matice řízení a hřídele volantů do traktoru Zetor 3011, se dá říci, že se jedná o kusovou výrobu, neboť traktor Zetor 3011 je již zastaralý model z řady Zetorů a tudíž o jeho náhradní díly není na trhu dostatečná poptávka. Vzhledem k tomu, že ve firmě Kratochvíl Ladislav Kovoobráběčství většinu práce tvoří především vývojové zakázky pro nejmenovanou společnost, ale i tyto kusové a malosériové zakázky, nevyplatí se zatím pořizovat CNC obráběcí stroj, který by sice zpřesnil výrobu, ale v tomto případě nezrychlil, neboť CNC kód by se z časového, a tím i finančního hlediska nevyplatil vyrábět. A proto i v současné době pro svoji práci pan Ladislav Kratochvíl využívá několika starších, ale přesto spolehlivých strojů.

5.1 Moje vize o budoucnosti firmy

Jak již bylo zmíněno, i ve strojírenství respektive v třískovém obrábění musí docházet k neustálému zdokonalování z důvodu náročnosti zákazníků. V případě opačném by mohlo dojít k „zakrnění“ a následnému zániku firmy. Proto si myslím, že i v tomto případě by bylo dobré učinit kroky kupředu. Příkladem může být prohloubení vzdělání v oboru, zakoupení modernějších strojů a nástrojů či rozšíření a zmodernizování provozovny.

Ovšem vzhledem k věku pana Kratochvíla již nelze uvažovat o některých razantních změnách. Uvažoval bych ovšem o zaškolení nástupce pana Kratochvíla na konkrétní CNC obráběcí stroj, a následnou investici do tohoto moderního stroje a jeho příslušenství, které by umožnilo přijmout dlouhodobé sériové zakázky.

V případě pana Kratochvíla lze také uvažovat o fúzi s jiným podnikem, zaměřeným také na kovoobráběčství. Rozšíření provozu by přineslo objemnější zakázky, a tím také vyšší zisky. V budoucnosti by se mohlo zvažovat zakoupení pokrokových strojů.

Pro možné investice do zmodernizování podniku bych panu Kratochvílovi či jeho nástupci doporučoval požádat o dotaci z EU v programu podpory malých a středních podniků. V případě uznání žádosti by mohl být zakoupen moderní CNC stroj.

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo představit standardní obráběcí metody třískového obrábění. Zmapovat zázemí menší strojírenské firmy, uvést konkrétní technologickou situaci a provést její zhodnocení ze všeobecného pohledu. Těchto cílů bylo dosaženo.

První část práce je zaměřena na technologii soustružení, kde je uvedena obecná charakteristika této technologie spolu s definicí pohybů a druhy soustružení. Dále je uvedeno rozdělení soustružnických strojů a nástrojů. Ve druhé a třetí části jsou obdobným způsobem rozebrány technologie frézování a vrtání.

Poslední fáze práce je věnována firmě Kratochvíl Ladislav Kovoobráběčství. Nejdříve je nastíněna historie tohoto podniku spolu se základními informacemi. Dále je uvedena náplň práce této firmy a příklady firem, se kterými pan Kratochvíl spolupracoval v minulosti. V podkapitole zázemí firmy jsou představeny obráběcí stoje a nástroje, které firma využívá. Jsou zde zmíněny výrobci obráběcích nástrojů, od kterých pan Kratochvíl své nástroje odebírá. V další podkapitole je popsána funkce a složení mechanismu řízení traktoru Zetor 3011 a je zde rozebrána výroba dvou součástí z tohoto mechanismu, matice řízení a hřídele volantu. Poté je provedeno zhodnocení této technologické situace z několika hledisek.

V diskuzi je nastíněn můj osobní názor, jakým směrem by se mohla ubírat budoucnost firmy Kratochvíl Ladislav Kovoobráběčství.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. HUMÁR, A. *Technologie I – Technologie obrábění – 1. část*. Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT-FSI v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2003, 138 s. [online]. [cit. 2012-10-25]. Dostupné z WWW: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf>.
2. AB SANDVIK COROMANT – SANDVIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění: kniha pro praktiky*. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia s.r.o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting – A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.
3. WIKIPEDIA. *Turning*. [online]. [cit. 2012-10-25]. Dostupné z WWW: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Turning>>.
4. *Řezné podmínky při obrábění*. Podklady pro výuku předmětu Technologie III - obrábění. TU v Liberci, Katedra obrábění a montáže, Ver. 3.2001, 6 s. [online]. [cit. 2012-10-25]. Dostupné z WWW: <http://www.kom.tul.cz/soubory/tob_rp.pdf>.
5. HUMÁR, A. *Výrobní technologie II*. Sylaby předmětu Výrobní technologie II pro bakalářské kombinované studium. VUT FSI v Brně, ÚST, Odbor technologie obrábění, 2002, 84 s. [online]. [cit. 2012-10-25]. Dostupné z WWW: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/oporysave/VyrobníTechnologie_II.pdf>.
6. PRVNÍ HANÁCKÁ BOW spol. s r.o., Olomouc, ČR. *Soustružnické nože HM 8 mm, 7 ks*. [online]. [cit. 2012-10-29]. Dostupné z WWW: <<http://www.bow.cz/produkt/3441011-soustruznicke-noze-hm-8-mm-7-ks/>>.
7. HUMAR, A. *Technologie I – Základní metody obrábění – 1. část*. Interaktivní multimediální text pro magisterskou formu studia. VUT-FSI v Brně, ÚST, Odbor technologie obrábění. 2004, 17s. [online]. [cit. 2012-10-29]. Dostupné z WWW: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/zakl_met_obr/zakl_met_obr_1>.
8. SCUSTOMPART. *Turning*. [online]. [cit. 2012-10-29]. Dostupné z WWW: <<http://www.custompartnet.com/wu/turning>>.
9. TUMLIKOVO.cz. *Druhy soustruhů*. 31.10.2010. [online]. [cit. 2012-10-29]. Dostupné z WWW: <<http://www.tumlikovo.cz/druhy-soustruhu/>>.
10. VAŇÁK, A. *Technologie frézování - pracovní listy*. Studijní opory. SOŠ a SOU Šumperk, 2007, 34 s. [online]. [cit. 2012-10-30]. Dostupné z WWW: <http://www.sossouspk.cz/esf/TEC_fr.pdf>.
11. HUMÁR, A. *Technologie I – Technologie obrábění – 2. část*. Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT-FSI v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2004, 95 s. [online]. [cit. 2013-01-22]. Dostupné z WWW: <http://drogo.fme.vutbr.cz/opory/pdf/ust/TI_TO-2.cast.pdf>.
12. DRIML, B. *Vrtání, vyhrubování, vystružování a zahlubování*. SPŠ a VOŠT, Sokolská 1, Brno, 14 s. [online]. [cit. 2013-01-22]. Dostupné z WWW: <<http://www.elitalycea.wz.cz/files/tep/tep22.pdf>>.
13. ČEP, R. *Přednášky z předmětu Technologie obrábění*. VŠB-TU Ostrava, Fakulta strojní. [online]. [cit. 2013-01-24]. Dostupné z WWW: <http://homel.vsb.cz/~cep77/PREZENTACE/Technologie_obrabeni_prednaska_10.pps>.

14. TUMLIKOVO.cz. *Hrotový soustruh SV18 RA*. 15.8.2010. [online]. [cit. 2013-02-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.tumlikovo.cz/hrotovy-soustruh-sv18-ra/>>.
15. ZETOR TRACTORS a.s. *Dílenská příručka pro opravy a seřizování traktorů UŘI 2011, 3011, 4011, 267 s.* [online]. [cit. 2013-02-12]. Dostupné z WWW: <http://www.trakturky2.unas.cz/dokumenty/Dilenska_prirucka_Zetor_2011_3011_4011.pdf>.
16. AB SANDVIK COROMANT – SANDVIK CZ s.r.o. *Obrázky*. [online]. [cit. 2013-03-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/downloads/pages/search.aspx?q=Images&offset=0>>.
17. PRAMET TOOLS, s.r.o. *Rovinné frézy*. [online]. [cit. 2013-03-06]. Dostupné z WWW: <<http://ecat.pramet.com/img/PICTURES/Milling/Main/HN09C-face.JPG>>.
18. PRAMET TOOLS, s.r.o. *Soustružení, vnitřní*. [online]. [cit. 2013-03-06]. Dostupné z WWW: <<http://ecat.pramet.com/img/PICTURES/Turning/Main/SSSC-Int.JPG>>.
19. PRAMET TOOLS, s.r.o. *Soustružení, vnější*. [online]. [cit. 2013-03-06]. Dostupné z WWW: <<http://ecat.pramet.com/img/PICTURES/Turning/Main/SCAC-Ext.JPG>>.
20. PRAMET TOOLS, s.r.o. *Soustružení, vnější*. [online]. [cit. 2013-03-06]. Dostupné z WWW: <<http://ecat.pramet.com/img/PICTURES/Turning/Main/SSDC-Ext.JPG>>.
21. PRAMET TOOLS, s.r.o. *Vrtání, monolitní vrtáky*. [online]. [cit. 2013-03-06]. Dostupné z WWW: <<http://ecat.pramet.com/img/PICTURES/Drilling/Main/303DS.JPG>>.
22. PRAMET TOOLS, s.r.o. *Soustružení, nože pro soustružení závitů*. [online]. [cit. 2013-03-18]. Dostupné z WWW: <<http://ecat.pramet.com/img/PICTURES/Turning/Main/SER.JPG>>.
23. M&V, spol. s r.o. *Vrták středící 60°, vybrušovaný, tvar A, 221110, 2 mm*. [online]. [cit. 2013-03-06]. Dostupné z WWW: <<http://katalog.mav.cz/detail.php?id=20752>>.
24. PRAMET TOOLS, s.r.o. *Soustružení, vnější*. [online]. [cit. 2013-03-06]. Dostupné z WWW: <<http://ecat.pramet.com/img/PICTURES/Turning/Main/SCLC-Ext.JPG>>.
25. M&V, spol. s r.o. *Soustružnický nůž ubírací stranový, levý, 223717, 16x16 mm S 45*. [online]. [cit. 2013-03-06]. Dostupné z WWW: <<http://katalog.mav.cz/detail.php?id=16021&lang=0>>.
26. NAKOL s.r.o. *Soustružnický nůž nabírací ČSN 223718*. [online]. [cit. 2013-03-18]. Dostupné z WWW: <<http://www.nakol.cz/soustruznicky-nuz-nabiraci>>.
27. M&V, spol. s r.o. *Vrták s válcovou stopkou - střední řada HSS, DIN 338 - "Z", 221121, 3,50 mm*. [online]. [cit. 2013-03-06]. Dostupné z WWW: <<http://katalog.mav.cz/detail.php?id=6472>>.
28. MT-NASTROJE.cz. *Nůž ubírací přímý-pravý 10x10mm S10 (223710)*. [online]. [cit. 2013-03-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.i-zavitniky.cz/i-zavitniky/eshop/49-1-Soustruznicke-noze/1189-3-Ubiraci-primy-22-3710-11/5/16380-Nuz-ubiraci-primy-pravy-10x10mm-S10-223710>>.

29. MT-NASTROJE.cz. *Nůž vnitřní rohový 8x8mm S10 (223726)*. [online]. [cit. 2013-03-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.i-zavitniky.cz/i-zavitniky/eshop/49-1-Soustruznicke-noze/1200-3-Nuz-vnitri-rohovy-22-3726/5/16772-Nuz-vnitri-rohovy-8x8mm-S10-223726>>.
30. MT-NASTROJE.cz. *Nůž ubírací ohnutý-pravý 10x10mm S10 (223712)*. [online]. [cit. 2013-03-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.i-zavitniky.cz/i-zavitniky/eshop/49-1-Soustruznicke-noze/1190-3-Ubiraci-ohnuty-22-3712-13/5/16604-Nuz-ubiraci-ohnuty-pravy-10x10mm-S10-223712>>.
31. MT-NASTROJE.cz. *Nůž závitový S1=P10 10x10-125*. [online]. [cit. 2013-03-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.i-zavitniky.cz/i-zavitniky/eshop/49-1-Soustruznicke-noze/1578-3-Nuz-zavitovy-vnitri-22-3773/5/9736-Nuz-zavitovy-S1-P10-10x10-125>>.
32. MT-NASTROJE.cz. *Nůž závitový S1=P10 16x10-110*. [online]. [cit. 2013-03-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.i-zavitniky.cz/i-zavitniky/eshop/49-1-Soustruznicke-noze/1571-3-Nuz-zavitovy-22-3770-71/5/9688-Nuz-zavitovy-S1-P10-16x10-110>>.
33. MT-NASTROJE.cz. *Nůž ubírací rohový-pravý 16x10mm H10 (223722)*. [online]. [cit. 2013-03-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.i-zavitniky.cz/i-zavitniky/eshop/49-1-Soustruznicke-noze/1199-3-Ubiraci-rohovy-22-3722-23/5/16953-Nuz-ubiraci-rohovy-pravy-16x10mm-H10-223722>>.
34. PRVNÍ HANÁCKÁ BOW spol. s r.o., Olomouc, ČR. Sada soustružnických nožů HM 20 mm, 7 ks. [online]. [cit. 2013-03-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.bow.cz/produkt/3444011-sada-soustruznickych-nozu-hm-20-mm-7-ks/>>.
35. STROJE SVOBODA s.r.o. *Soustruh svislý dvoustojanový (karusel)*. [online]. [cit. 2013-03-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.strojesvoboda.cz/katalog.php?page=DETAIL&katalog=Stroje/Karusel&id=2932&o=1>>.
36. STROJE SVOBODA s.r.o. *Soustruh svislý (karusel)*. [online]. [cit. 2013-03-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.strojesvoboda.cz/katalog.php?page=DETAIL&katalog=Stroje/Karusel/Jednostojanov%C3%BD&key=&id=2700&ids=2737&o=1>>.
37. STROJE SVOBODA s.r.o. *Soustruh revolverový*. [online]. [cit. 2013-03-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.strojesvoboda.cz/katalog.php?page=DETAIL&katalog=Stroje/Soustruh&key=&id=2322&ids=2356&o=1>>.
38. TEXIMP.cz. *Čelní soustruh*. [online]. [cit. 2013-03-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.teximp.cz/product/76-celni-soustruh.html>>.
39. ZOZEI. *Frézování rovinných ploch*. [online]. [cit. 2013-03-11]. Dostupné z WWW: <<http://zozei.sssebrno.cz/userdata/imagelibrary/upload/valcova-eelni-freza.jpg>>.
40. MT-NASTROJE.cz. *Fréza ČSN22 2210 půlkruh. vypouklá HSS R 1,0*. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.i-frezy.cz/i-frezy/eshop/11-1-Tvarove-kotoucove-frezy/41-2-Radiusove-frezy/5/1147-Freza-CSN22-2210-pulkruh-vypoukla-HSS-R-1-0>>.

41. HABILIS STEEL spol. s r.o. *Fréza nástrčná čelní 90° AFM90 ADKT, AKKO MAKINA*. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.kovoobrabeci-nastroje.cz/katalog/frezovani-7/frezy-s-vbd-127/frezy-nastrcne-242/frezy-celni-90-571/freza-nastrcna-celni-90-afm90-adkt-akko-makina-565/>>.
42. MT-NASTROJE.cz. *PN22 2052 nástrčná polohrubozubá HSSCo5 D40*. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.i-frezy.cz/i-frezy/eshop/4-1-Nastrcne-frezy/26-2-Polohrubozube/5/367-PN22-2052-nastrcna-polohrubozuba-HSSCo5-D40>>.
43. MT-NASTROJE.cz. *Fréza ČSN22 2230 půlkruh. vydutá HSS R1*. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.i-frezy.cz/i-frezy/eshop/11-1-Tvarove-kotoucove-frezy/41-2-Radiusove-frezy/5/1178-Freza-CSN22-2230-pulkruh-vydata-HSS-R1>>.
44. ZPS-FRÉZOVACÍ NÁSTROJE a.s. *Fréza kotoučová, s přímými zuby, DIN 885 B, Typ H, rychlořezná ocel HSS Co5*. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.zps-fn.cz/katalog-frez/frezy-kotoucove/freza-kotoucova-s-primymi-zuby-din-885-b-typ-h-rychlorezna-ocel-hss-co5/>>.
45. MT-NASTROJE.cz. *Fréza kot. DIN885 HSSCo5 polohrubozubá D50x4x16*. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.i-frezy.cz/i-frezy/eshop/6-1-Kotoucove-frezy/28-2-Polohrubozube/5/391-Freza-kot-DIN885-HSSCo5-polohrubozuba-D50x4x16>>.
46. MT-NASTROJE.cz. *PN22 2054 nástrčná jemnozubá HSSE D40*. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.i-frezy.cz/i-frezy/eshop/4-1-Nastrcne-frezy/0/5/379-PN22-2054-nastrcna-jemnozuba-HSSE-D40>>.
47. MT-NASTROJE.cz. *Fréza čelní nástrčná-polohrubozubá HSSE D160*. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.i-frezy.cz/i-frezy/eshop/4-1-Nastrcne-frezy/0/5/378-PN22-2052-nastrcna-polohrubozuba-HSSE-D160>>.
48. MT-NASTROJE.cz. *Fréza válcová čelní nástrčná-hrubozubá HSSE D160*. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.i-frezy.cz/i-frezy/eshop/4-1-Nastrcne-frezy/0/5/366-PN22-2050-nastrcna-hrubozuba-HSSE-D160>>.
49. MT-NASTROJE.cz. *Nástrčná rovinná fréza S90AD11E 4-břitá D40*. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.i-frezy.cz/i-frezy/eshop/12-1-Frezy-s-VBD/209-2-Nastrcne-frezy-90/5/1962-Nastrcna-rovinna-freza-S90AD11E-4-brita-D40>>.
50. MT-NASTROJE.cz. *Fréza kot. DIN1834 HSSCo5 jemnozubá D63x1,6x22*. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.i-frezy.cz/i-frezy/eshop/6-1-Kotoucove-frezy/30-2-Jemnozube-uzke/5/569-Freza-kot-DIN1834-HSSCo5-jemnozuba-D63x1-6x22>>.
51. MT-NASTROJE.cz. *Fréza ČSN22 2254 úhlová jednostranná HSS 45°x40*. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.i-frezy.cz/i-frezy/eshop/11-1-Tvarove-kotoucove-frezy/40-2-Uhlove-frezy/5/1224-Freza-CSN22-2254-uhlova-jednostranna-HSS-45-x40>>.
52. MT-NASTROJE.cz. *Fréza PN22 2192.1 drážkovací krátká D2*. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.i-frezy.cz/i-frezy/eshop/1-1-Stopkove-frezy/314-3-drazkovaci-2-brite/5/100-Freza-PN22-2192-1-drazkovaci-kratka-D2>>.

53. MT-NASTROJE.cz. *Fréza PN22 2291 kopírovací krátká HSSCo8 D4*. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.i-frezy.cz/i-frezy/eshop/5-1-Tvarove-stopkove-frezy/91-3-4-brite-kopirovaci/5/216-Freza-PN22-2291-kopirovaci-kratka-HSSCo8-D4>>.
54. MT-NASTROJE.cz. *DIN6518 fréza rádiusová čtvrtkruhová R 5*. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.i-frezy.cz/i-frezy/eshop/5-1-Tvarove-stopkove-frezy/18-2-Radiusove-frezy/5/340-DIN6518-freza-radiusova-ctvrtkruhova-R-5>>.
55. MT-NASTROJE.cz. *ČSN22 2509 modulová fréza m0,5x20`č1*. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.i-frezy.cz/i-frezy/eshop/29-1-Modulove-frezy/531-2-Na-evolventni-ozubeni-kol/5/2163-CSN22-2509-modulova-freza-m0-5x20-c1>>.
56. MM PRŮMYSLOVÉ SPEKTRUM. *Nástroje pro frézování kruhovou interpolací*. 20.09.2011. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/nastroje-pro-frezovani-kruhovou-interpolaci.html>>.
57. MT-NASTROJE.cz. *Fréza ČSN22 2130 válcová čelní krátká D6*. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.i-frezy.cz/i-frezy/eshop/1-1-Stopkove-frezy/300-2-Valcova-stopka/5/53-Freza-CSN22-2130-valcova-celni-kratka-D6>>.
58. MT-NASTROJE.cz. *Fréza ČSN22 2194.1 drážkovací HSSCo5 D12*. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.i-frezy.cz/i-frezy/eshop/1-1-Stopkove-frezy/301-2-Kuzelova-stopka-morse/5/150-Freza-CSN22-2194-1-drazkovaci-HSSCo5-D12>>.
59. ZPS-FRÉZOVACÍ NÁSTROJE a.s. *Fréza válcová čelní dlouhá, polohrubozubá, ČSN 222198, Typ N, rychlořezná ocel HSS*. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.zps-fn.cz/doplňkový-sortiment/frezy-valcove-celni-morse-kuzel-1/freza-valcova-celni-dlouha-polohrubozuba-csn-222198-typ-n-rychlomezna-ocel-hss/>>.
60. ZPS-FRÉZOVACÍ NÁSTROJE a.s. *Fréza válcová čelní levořezná krátká, hrubozubá, ČSN 222149, Typ W, rychlořezná ocel HSS*. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.zps-fn.cz/doplňkový-sortiment/frezy-valcove-celni-morse-kuzel-1/freza-valcova-celni-levomezna-kratka-hrubozuba-csn-222149-typ-w-rychlomezna-ocel-hss/>>.
61. STROJE SVOBODA s.r.o. *Frézka vodorovná*. [online]. [cit. 2013-03-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.strojesvoboda.cz/katalog.php?page=DETAIL&katalog=Stroje/Fr%C3%A9zka&id=2810&o=1>>.
62. STROJE SVOBODA s.r.o. *Frézka svislá*. [online]. [cit. 2013-03-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.strojesvoboda.cz/katalog.php?page=DETAIL&katalog=Stroje/Fr%C3%A9zka/Svisl%C3%A1&key=&id=2889&ids=2926&o=1>>.
63. STROJE SVOBODA s.r.o. *Frézka univerzální konzolová*. [online]. [cit. 2013-03-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.strojesvoboda.cz/katalog.php?page=DETAIL&katalog=Stroje/Fr%C3%A9zka/Univerz%C3%A1ln%C3%AD&key=&id=3681&ids=3721&o=1>>.

64. TDZ PARTNERS. *Frézka stolová FCV 63 SVA CNC*. [online]. [cit. 2013-03-13]. Dostupné z WWW: http://www.tdzpartners.com/index.php?company=pouzite_stroje&skupina_nomenklatur=&id_nomen=0100000000000191&img=FCV%2063%20SVA%20-%20120152/1.jpg.
65. M&V, spol. s r.o. *Vrták s válcovou stopkou - střední řada HSSCo8*. [online]. [cit. 2013-03-13]. Dostupné z WWW: http://katalog.mav.cz/view_category.php?id=8243.
66. AB SANDVIK COROMANT – SANDVIK CZ s.r.o. *CoroDrill 881*. [online]. [cit. 2013-03-13]. Dostupné z WWW: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/corodrill_881/Pages/default.aspx.
67. AB SANDVIK COROMANT – SANDVIK CZ s.r.o. *Vrták T-Max U pro vrtání ve svazku*. [online]. [cit. 2013-03-13]. Dostupné z WWW: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/t-max_u_stack_drill/Pages/default.aspx.
68. FORMDRILL - USA. *Formdrill*. [online]. [cit. 2013-03-13]. Dostupné z WWW: <http://www.formdrill-usa.com/formdrill.htm>.
69. PRAMET TOOLS, s.r.o. *Rovinné frézy*. [online]. [cit. 2013-03-18]. Dostupné z WWW: <http://ecat.pramet.com/img/PICTURES/Milling/Main/S45SE09F-face.JPG>.
70. AMERICAN MACHINIST. *How to Increase Drilling Penetration Rates*. [online]. [cit. 2013-03-20]. Dostupné z WWW: <http://americanmachinist.com/cutting-tools/how-increase-drilling-penetration-rates>.
71. UNICPRUM.cz. *Převodní tabulka materiálů*. Studijní materiály. SOŠ a SOU Uničov, Moravské nám. 681. 30.09.2008, 29 s. [online]. [cit. 2013-04-22]. Dostupné z WWW: <http://eduka.spaco.cz/wp-content/prevodni-tabulka-materialu.pdf>.
72. CZ FERRO - STEEL, spol. s r.o. *ČSN 11523 – konstrukční ocel*. 2011. [online]. [cit. 2013-04-22]. Dostupné z WWW: <http://www.czferrosteel.cz/pdf/trubky4-11523.pdf>.
73. TECHNICKENORMY.cz. *ČSN 41 1523*. Český normalizační institut. 1994. [online]. [cit. 2013-04-22]. Dostupné z WWW: http://import.technickenormy.cz/nahledy/16084_nahled.htm.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
Al	[-]	Hliník
BTA	[-]	Boring and Trepanning Association
C	[-]	Uhlík
CNC	[-]	Computer Numerical Control
CO₂	[-]	Oxid uhličitý
ČR	[-]	Česká republika
EU	[-]	Evropská unie
IT	[-]	International Tolerance
KNB	[-]	Polykrystalický kubický nitrid bóru
Mn	[-]	Mangan
N	[-]	Dusík
P	[-]	Fosfor
PKD	[-]	Polykrystalický diamant
RO	[-]	Rychlořezná ocel
S	[-]	Síra
Si	[-]	Křemík
SK	[-]	Slinutý karbid
SOU	[-]	Střední odborné učiliště
STS	[-]	Single Tube System
a. s.	[-]	Akciová společnost
s. r. o.	[-]	Společnost s ručením omezeným

Symbol	Jednotka	Popis
A₁₀	[%]	Tažnost
D, d, Ø	[mm]	Průměr (obráběné plochy, nástroje, atd.)
L	[mm]	Délka
Ra	[µm]	Průměrná aritmetická úchylka profilu
R_e	[MPa]	Mez kluzu

R_m	[MPa]	Pevnost v tahu
f_z	[mm]	Posuv na zub
n	[min ⁻¹]	Otáčky (obrobku, nástroje, atd.)
v_c	[m.min ⁻¹]	Řezná rychlost
v_e	[m.min ⁻¹]	Rychlost řezného pohybu
v_f	[m.min ⁻¹]	Posuvová rychlost

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Soustružnické nože ve firmě
Příloha 2	Vrtáky a výhrubníky ve firmě
Příloha 3	Vrtáky a frézy ve firmě
Příloha 4	Vrtáky, výhrubníky, výstružníky a frézy ve firmě
Příloha 5	Frézování drážek do matice řízení
Příloha 6	Vrtání díry do matice řízení pomocí přípravku upnutého ve 3-čelistovém sklíčidle
Příloha 7	Soustružení závitu do matice řízení pomocí přípravku upnutého ve 3-čelistovém sklíčidle
Příloha 8	Frézování drážky pro Woodruffovo pero
Příloha 9	Přesoustružení sváru hřídele volantu
Příloha 10	Soustružení trapézového závitu na hřídeli volantu
Příloha 11	Materiálový list, chemické složení a vlastnosti oceli ČSN 11 523

PŘÍLOHA 1

Soustružnické nože ve firmě.



PŘÍLOHA 2

Vrtáky a výhrubníky ve firmě.



PŘÍLOHA 3

Vrtáky a frézy ve firmě.



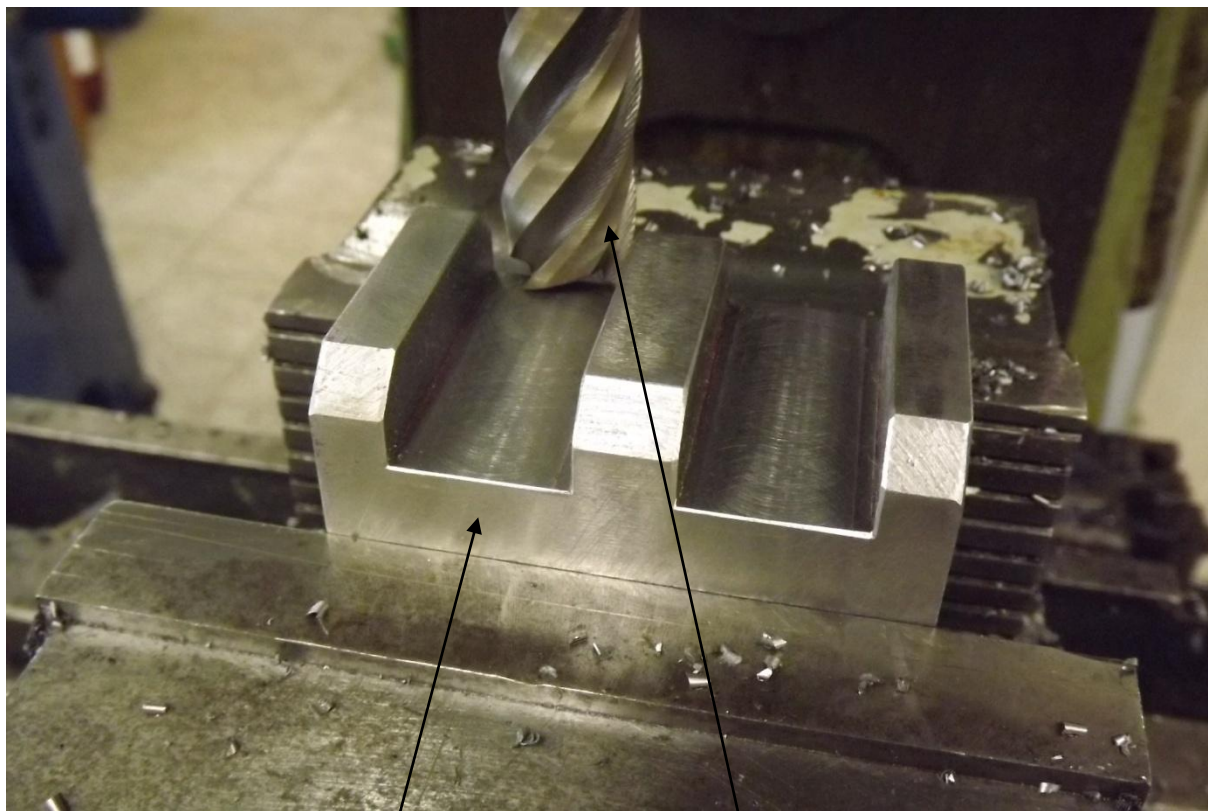
PŘÍLOHA 4

Vrtáky, výhrubníky, výstružníky a frézy ve firmě.



PŘÍLOHA 5

Frézování drážek do matice řízení.



matice řízení

stopková fréza Ø18 mm

PŘÍLOHA 6

Vrtání díry do matice řízení pomocí přípravku upnutého ve 3-čelist'ovém sklíčidle.



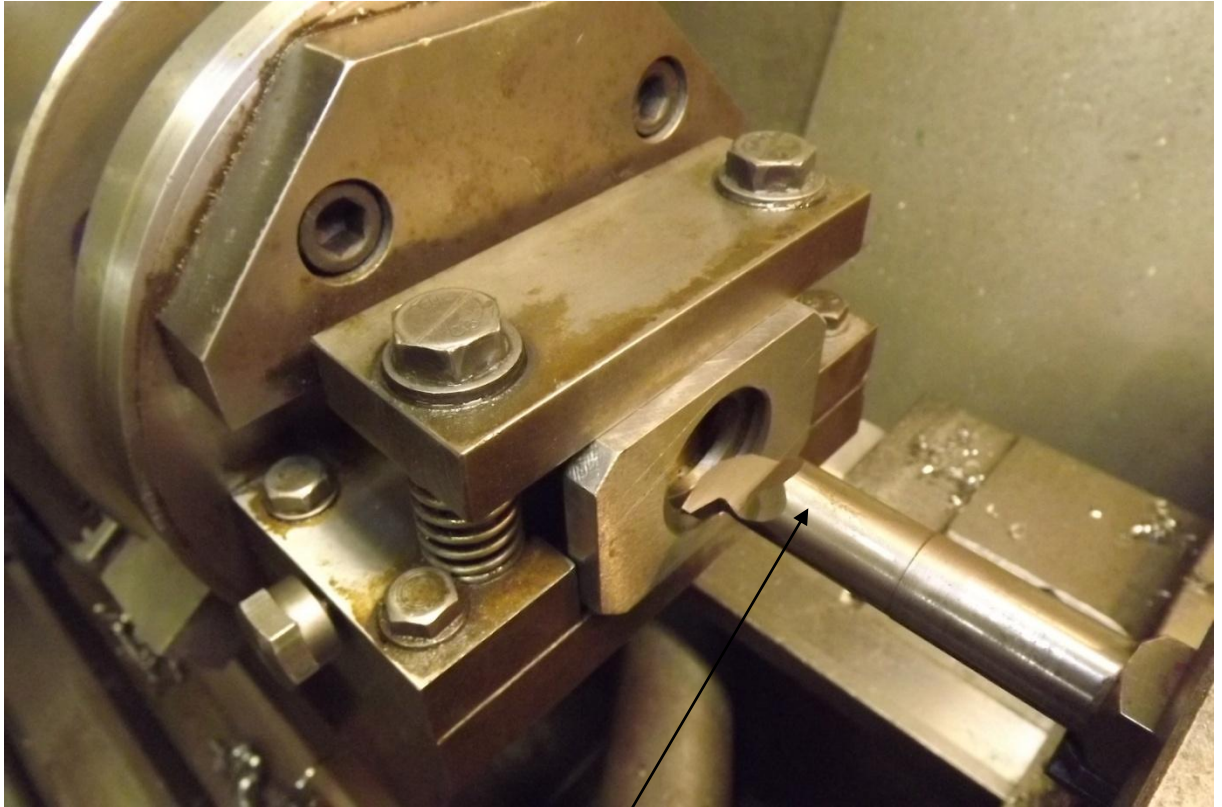
přípravek pro upnutí matice řízení

matice řízení

šroubovitý vrták Ø26 mm

PŘÍLOHA 7

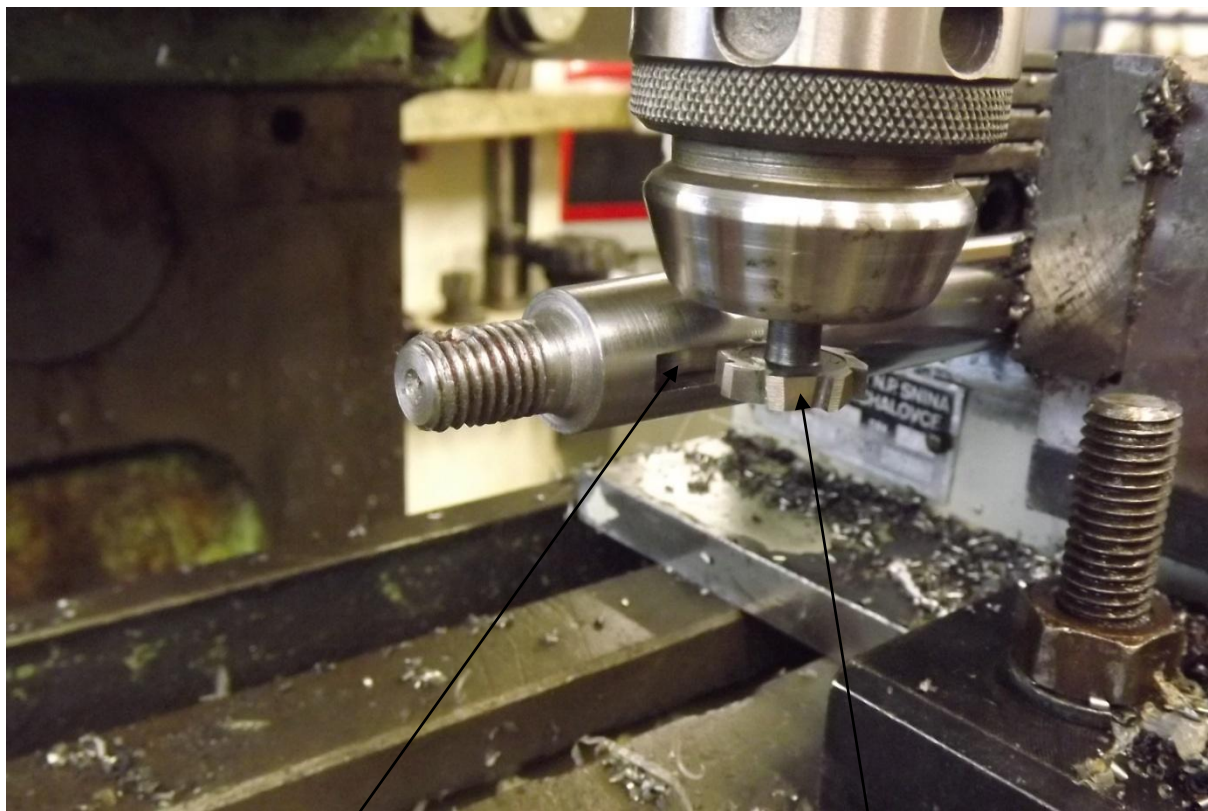
Soustružení závitu do matice řízení pomocí přípravku upnutého ve 3-čelistovém sklíčidle.



vnitřní, závitový, trapézový nůž 30°

PŘÍLOHA 8

Frézování drážky pro Woodruffovo pero.

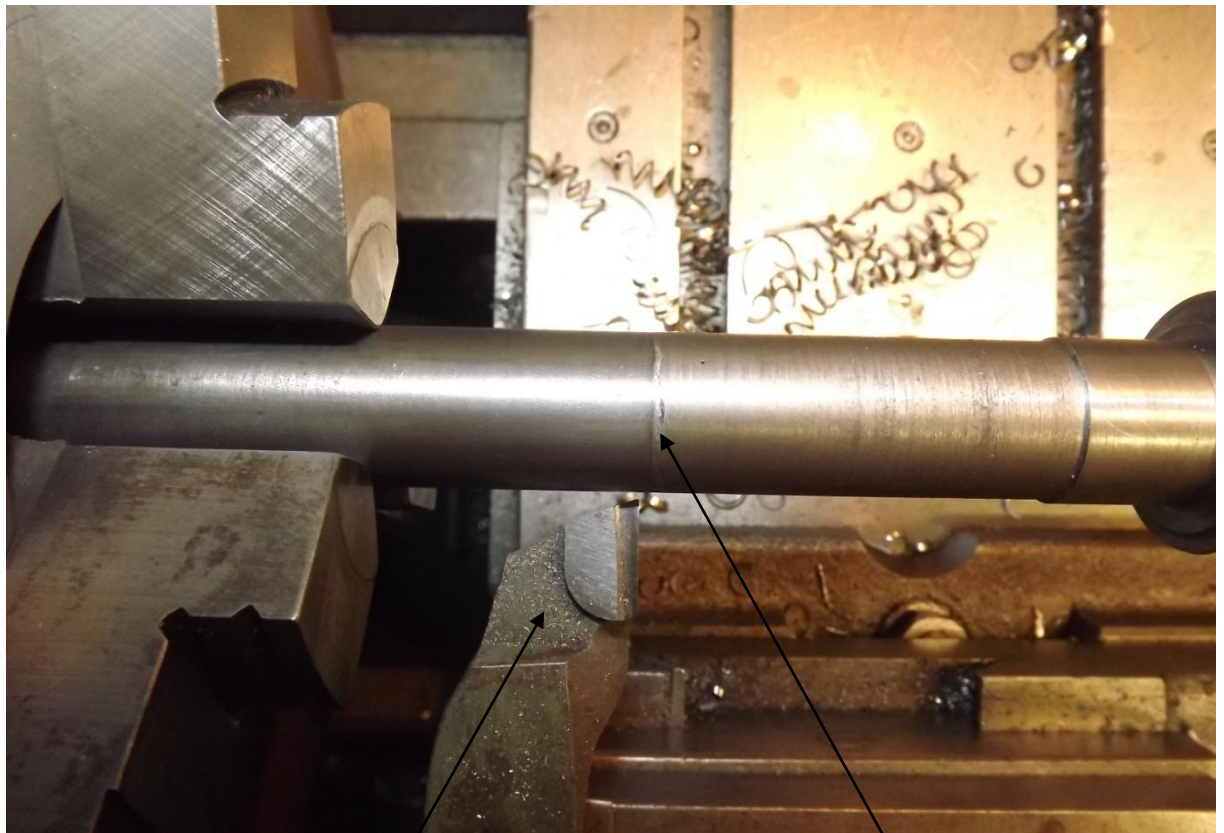


drážka pro Woodruffovo pero

fréza tvaru T Ø19 mm, šířka 5 mm

PŘÍLOHA 9

Přesoustružení sváru hřídele volantu.

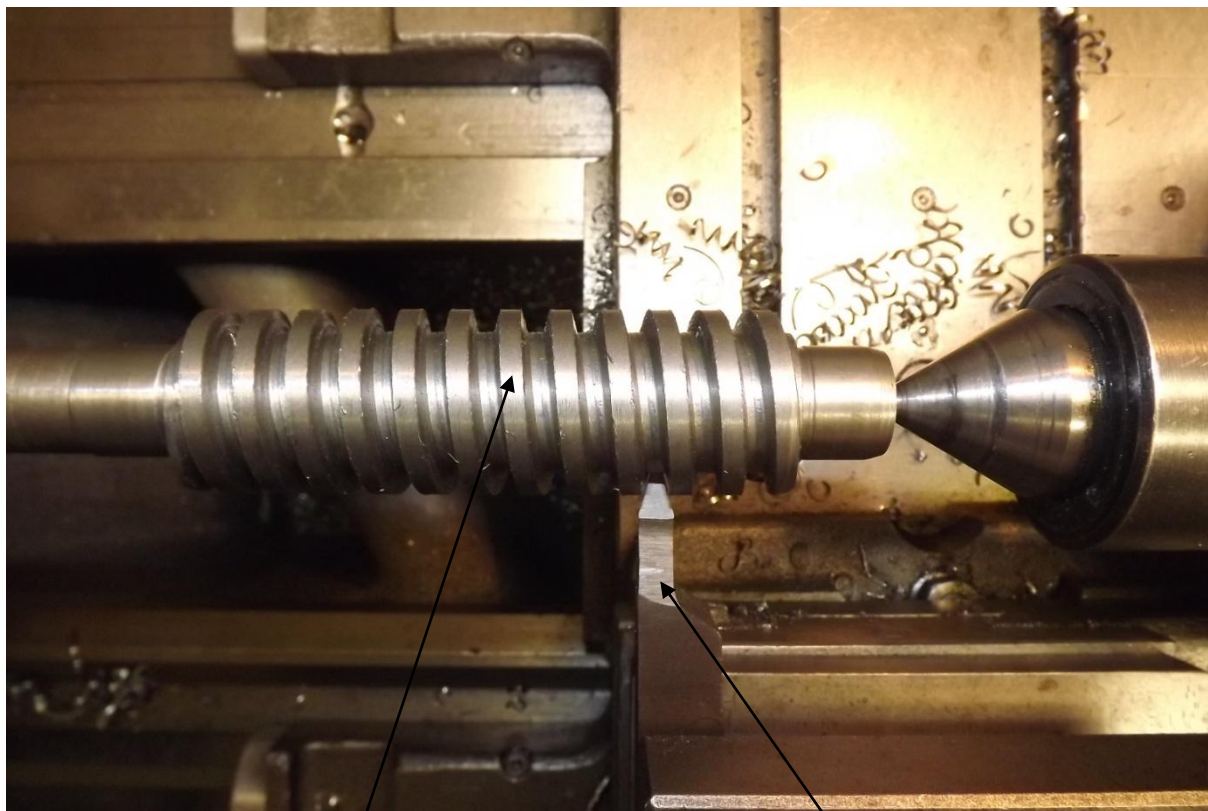


levý, stranový nůž

přesoustružený svár na Ø20 mm

PŘÍLOHA 10

Soustružení trapézového závitu na hřídeli volantu.



závit TR 34x9 (vnější, pravý)

vnější, závitový, trapézový nůž 30°

PŘÍLOHA 11 (1/2)

Materiálový list, chemické složení a vlastnosti oceli ČSN 11 523 [72], [73].

ČESKÁ NORMA

MDT 669.14

Duben 1994

ČSN 41 1523

Ocel 11 523

Steel 11 523

Acier 11 523

Stahl 11 523

Předmluva

Základní citované normy

ČSN 05 1309 Zváranie. Zvariteľnosť kovov a jej hodnotenie. Všeobecné ustanovenia

ČSN EN 10020 Definice a rozdělení ocelí (42 0002)

ČSN 42 0010 Barevné označování ocelí

ČSN 42 0030 Ocelový a litinový odpad

Obdobné mezinárodní, regionální a zahraniční normy

ISO 630:1980 Structural steels (Konstrukční oceli)

EN 10025:1990 Hot rolled products of non-alloy structural steels. Technical delivery conditions (Výrobky válcované za tepla z nelegovaných konstrukčních ocelí. Technické dodací předpisy)

Porovnání s mezinárodními a regionálními normami

ocel 11 523 odpovídá oceli Fe 510 C podle ISO 630:1980 a Fe 510 C podle EN 10025:1990.

Nahrazení předchozích norem

Tato norma nahrazuje ČSN 41 1523 z 1. 3. 1976

Změny proti předchozí normě

Chemické složení a hodnoty mechanických vlastností výrobků tvářených za tepla byly dány do souladu se značkou oceli Fe 510 C podle EN 10025:1990.

Byl zaveden maximálně přípustný obsah N a upraveny hodnoty obsahů P a S. U výrobků tvářených za tepla bylo rozšířeno rozmezí hodnot meze pevnosti v tahu, byly upraveny a podrobněji odstupňovány v závislosti na průměru resp. tloušťce výrobku hodnoty meze kluzu a tažnosti. Byly uvedeny pouze hodnoty nárazové práce KV a vypuštěny údaje pro zkoušku lámavosti.

© Český normalizační institut, 1994

16084

PŘÍLOHA 11 (2/2)

Materiálový list, chemické složení a vlastnosti oceli ČSN 11 523 [72], [73].

Vypracování normy

Zpracovatel: VÚHŽ, a. s., Dobrá, IČO 45193797, Ing. Karel Rechtenberg

Pracovník Českého normalizačního institutu: Ing. Alexandra Červená

1 Předmět normy

Tato norma je materiálovým listem nelegované konstrukční jemnozrnné jakostní oceli 11 523 vhodné ke svařování.

Norma stanoví požadavky na chemické složení a vlastnosti oceli hodnoty mechanických a technologických vlastností pro

- tyče jednoduchého průřezu válcované za tepla;
- tyče tvarového průřezu válcované za tepla;
- dráty válcované za tepla;
- tlusté plechy válcované za tepla;
- širokou ocel válcovanou za tepla;
- tenké plechy válcované za tepla;
- pásy válcované za tepla;
- výkovky;
- tyče tažené za studena;
- tyče loupané;
- pásy a pruhy válcované za studena;
- duté profily tvářené za tepla;
- duté profily tvářené za studena.

Tab. Chemické složení oceli ČSN 11 523 v %

C	Mn	Si	P	S	N	Al
max. 0,200	max. 1,600	max. 0,550	max. 0,050	max. 0,045	max. 0,009	max. 0,015

Tab. Mechanické vlastnosti oceli ČSN 11 523

Pevnost v tahu R_m [MPa]	510 - 680
Mez kluzu R_e [MPa]	min. 355
Tažnost A_{10} [%]	min. 22